国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

中国战略性新兴产业研究与发展

R&D of China's Strategic New Industries

紧固件

Fastener

中国机械通用零部件工业协会紧固件分会 组编
冯金尧 主编

机械工业出版社
China Machine Press

中国战略性新兴产业研究与发展

紧　固　件

中国机械通用零部件工业协会紧固件分会　组编

冯金尧　主编

机械工业出版社
China Machine Press

本书回顾了我国紧固件行业的发展历史，概述了全球紧固件的发展现状，总结了世界主要工业先进国家紧固件产业的发展经验及对我国的启示，从新兴产业发展的战略高度论述了发展紧固件的重要意义，提出了我国紧固件产业发展的措施和建议。全书着重介绍了紧固件行业发展的特点和趋势，分析了我国紧固件为战略性产业的配套需求和市场展望，揭示了我国紧固件行业面临的机遇和挑战，提出了未来我国紧固件产业发展的战略和目标。

本书适合政府官员、企业经营管理者、科研院所的研究人员，以及对我国紧固件行业感兴趣的人士阅读。

图书在版编目（CIP）数据

中国战略性新兴产业研究与发展．紧固件 / 冯金尧等编著．—北京：机械工业出版社，2017.5
ISBN 978-7-111-56974-9

Ⅰ．①中… Ⅱ．①冯… Ⅲ．①新兴产业－产业发展－研究－中国②紧固件－制造工业－产业发展－研究－中国
Ⅳ．①F269.24 ②F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 123338 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
责任编辑：刘世博　　责任校对：李　伟
北京宝昌彩色印刷有限公司印制
2017 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
170mm×242mm • 20.5 印张 • 355 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-56974-9
定价：120.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务　　网络服务
社 服 务 中 心 :(010)88361066　　年 鉴 网 :http://www.cmiy.com
销 售 一 部 :(010)68326294　　机工官网 :http://www.cmpbook.com
销 售 二 部 :(010)88379649　　机工官博 :http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线:(010)68326643　　**封面无机械工业出版社专用防伪标均为盗版**

《中国战略性新兴产业研究与发展》

编委会

主　任　路甬祥　第十届、十一届全国人大常委会副委员长，中国科学院院士、中国工程院院士

副主任　苏　波　中纪委驻中央统战部纪检组组长

王文斌　中国机械工业联合会副会长、机械工业信息研究院院长、机械工业出版社社长

委　员　（按姓氏笔画排序）

石　勇　机械工业信息研究院副院长

冯金尧　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会会长

邢　敏　中国内燃机工业协会常务副会长兼秘书长

刘庆宾　重庆材料研究院有限公司董事长兼总经理、中国仪器仪表行业协会仪表功能材料分会理事长

孙容磊　华中科技大学教授、中国人工智能学会智能制造专业委员会秘书长

吴正元　中国塑料加工工业协会专家委员会委员，南京聚隆科技股份有限公司、南京聚锋新材料有限公司名誉董事长

于庆瑞　甘肃长城电工电器工程研究院有限公司院长、天水长城开关厂有限公司总工程师

陆大明　中国机械工程学会副理事长兼秘书长

武兵书　中国模具工业协会常务副会长兼秘书长

赵志明　中国石油和石油化工设备工业协会首席顾问

徐东华　国资委机械工业经济管理研究院院长、国务院发展研究中心研究员

郭　锐　机械工业信息研究院副院长、机械工业出版社总编辑

蒋善武　天安电气集团有限公司总裁

景晓波　工业和信息化部运行监测协调局副巡视员

谢三明　工业和信息化部运行监测协调局监测预测处处长

樊高定　中国制冷空调工业协会常务副理事长

瞿金平　华南理工大学教授、中国工程院院士

《中国战略性新兴产业研究与发展·紧固件》

执行编委会

主　　编　冯金尧

撰 稿 人　俞汝庸　　汪士宏　　沈德山　　李维荣

《中国战略性新兴产业研究与发展》

编委会办公室

主　　任　石　勇（兼）

副 主 任　李卫玲

成　　员　刘世博　任智惠　董　蕾　李　晶

序言

全球金融危机和经济衰退发生以来，美欧日俄等各国为应对危机、复苏经济、抢占未来发展的先机和制高点，都在重新审视发展战略，不断加快推进“再工业化”，培育发展以新能源、节能环保低碳、生物医药、新材料与高端制造、新一代信息网络、智能电网、海洋空天等技术为支撑的战略性新兴产业，在全球范围内构建以战略性新兴产业为主导的新产业体系。力图通过新一轮的技术革命引领，重新回归实体经济，创造新的经济增长点。这已成为很多国家摆脱危机、实现增长、提升综合国力的根本出路。可以预计，未来的二三十年将是世界大创新、大变革、大调整的历史时期，人类将进入一个以绿色、智能、可持续发展为特征的知识文明时代。那些更多掌握绿色、智能技术，主导战略性新兴产业发展方向的国家和民族将在未来全球竞争合作中占据主导地位，赢得全球竞争合作，共享持续繁荣进程中的主动权和优势地位。

为应对金融危机和全球性经济衰退以及日趋强化的能源、资源和生态环境约束，以实现中国经济社会的科学发展、和谐发展、持续发展，党中央、国务院提出加快调整产业结构、转变经济发展方式，加快培育和促进战略性新兴产业发展的方针，出台了《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》以及相关政策举措。可以肯定，未来 5 ～ 10 年将是我国结构调整与改革创新发展的一个新的战略机遇期，将通过继续深化改革，扩大开放，提升自主创新能力，建设创新型国家，实现我国科技、产业、经济由大变强的历史性跨越，我国经济社会发展将走出一条依靠创新驱动，绿色智能，科学发展、和谐发展、持续发展之路，实现中华民族的伟大复兴。

展望未来，高端装备制造、新能源汽车、节能环保、新一代信息技术、生物医药、新能源、新材料、绿色运载工具、海洋空天、公共安全等全球战略性新兴产业将形成十数万亿美元规模的宏大产业，成为发展速度最快，采用高新技术最为密集，最具持续增长潜力的产业群落。战略性

新兴产业的发展需求也将拉动技术的创新突破和产业的结构调整，为包括我国在内的全球经济发展注入新的强大动力。

在世界各国高度重视培育和发展战略性新兴产业的新形势下，编著一套《中国战略性新兴产业研究与发展》图书，借鉴国外相关产业发展的成功经验，对行业发展思路、发展目标、发展战略、发展重点、投资方向、政策建议等方面进行全面、系统研究，凝聚对战略性新兴产业内涵和发展重点的认识，为国家战略性新兴产业发展规划的顺利实施，以及政府和有关部门制定促进战略性新兴产业发展的相关政策和法规提供参考，具有十分重要的现实意义。

《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书对相应产业的阐述、分析均注重强调战略性新兴产业的六个主要特点：

一是**绿色**。战略性新兴产业属于能耗低、排放少、零部件可再生循环的“环保型”“绿色型”产业，无论从产品的设计、制造、使用，还是回收、再利用等整个生命周期的各个环节，对资源的利用效率与对环境的承载压力均要求达到最理想水平。

二是**智能**。新型工业化要求坚持以信息化带动工业化、以工业化促进信息化，即要实现“两化融合”。而“两化融合”决定了智能是未来产业尤其是战略性新兴产业的发展方向。所谓智能，是指制造过程的智能化、产品本身的智能化、服务方式的智能化。这些均是智能的最基本层次，它还具有其他更为丰富的内涵。如：智能电网，通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用，可实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和系统安全等方面的智能；智能汽车不只是安全智能，还包括节能、减排、故障预警等方面的智能。

三是**全球制造**。随着全球化趋势不断深化，战略性新兴产业的发展成果也必将是由全人类共创共享。新产品的研制开发，不再由一个企业独自完成，需要集成各方面优势资源共同解决。例如 iPhone 在中国完成装配，但它的设计、研发以及许多零部件的供应都是在美国、日本、欧洲等国实现的，其本身就是一个全球化的产品。因而，未来的制造必

然是全球化制造、网络化制造。

四是**满足个性化需求与为更多人分享相结合**。目前中国有 13 亿人口，印度有 12 亿人口，还有巴西、印度尼西亚等新兴国家、发展中国家也都要实现现代化。在全球如此规模庞大的人群中，既存在富裕阶层、高消费阶层，他们的消费需求是个性化、多样化的；又有占比较大的中产阶层、贫困人口，他们的消费需求是基本层次的，但也不能被忽视。两种类型的消费需求必须同时被满足，这不仅是构建和谐社会的需要，而且是构建和谐世界的需要。因此，我国发展战略性新兴产业，应该既要满足中高端个性化的需求，同时又要满足我国与其他发展中国家广大普通消费者的需求。要把个性化的设计、个性化的产品生产，与规模化、工业化的传统生产结合起来，不能完全抛弃传统的规模化生产方式。

五是**可持续**。要使有限的自然资源得以有效、可持续利用，发展利用可再生资源、能源，强调发展再制造、循环经济。无论是原材料使用，还是零部件制造，从研发、设计之初就考虑到了生产中的废料、使用后的遗骸的回收处置，使其能够重新得到循环利用。

六是**增值服务**。培育发展战略性新兴产业需要注意在设计制造过程中与产品售后、使用过程中提供相关增值服务。不应再局限于传统的观念，只注重制造本身，而不注重服务的价值。例如，发展电动汽车产业，必须首先解决好商业模式问题，包括充电桩建设、电池更换、废旧电池回收等服务方面，否则将无法广泛推广。

《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书内容丰富，资料翔实，观点鲜明，立意高远，并力求充分体现出“四性”，即科学性、前瞻性、指导性和基础性。

第一，体现**科学性**。所谓科学性，就是指以科学发展观为指导。科学发展观的核心是以人为本，总体目标是全面、协调、可持续，基本方法是统筹兼顾，符合客观规律。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书既要能够为党中央、国务院提出的加快发展战略性新兴产业的总体战略服务，又不应受到行业、部门的局限，更不能写成规划或某些部门规划的解读材料，而应能够立足于事物客观规律、立足于全局。各分

册编写组同志重视调查、研究，力求对国情、科技、产业及全球相关产业的发展态势有比较准确的把握，努力为我国战略性新兴产业的发展提供一本基于科学基础的好素材。这套图书立足基于我国国情，而不是简单地把发达国家的相关产业信息进行综合、编译，照搬照抄。当然，我国发展战略性新兴产业不能“闭门造车”，而是要坚持开放性，积极参与国际分工合作，充分利用全球优势资源，提高发展的起点和水平。因而，有必要参照国际成功经验与最新发展趋势，但一定要以我国国情和产业特点为根本出发点，加快培育和发展有中国特色的、竞争能力强的战略性新兴产业。

第二，体现**前瞻性**。一是能够前瞻战略性新兴产业的发展，因为这套图书是战略性新兴产业的发展指导书。二是能够前瞻战略性新兴产业技术的发展。为了做好这两个前瞻，必须要适当地前瞻全球经济、我国经济与战略性新兴产业发展的趋势。只讲发展现状是不够的，因为关于现状的资料很多，通过简单地网络搜索即可查到；也不能只罗列国外的某些规划和发展战略。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书的编写注重有深度的科学分析与前瞻性的研究。

第三，体现**指导性**。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书本身就是指导书，能够对产业、对技术、对国家制定政策，甚至在未来国家发展战略与规划的制定等方面发挥一定的引导作用与影响。虽然不能说这套图书可以指导国家战略与规划的制定，但是应该努力发挥其积极的引导作用。

第四，体现**基础性**。所谓基础性，就是指要能够提供战略性新兴产业的基础信息、基础知识，以及我国和有关国家在相关产业发展方面的基本战略，主要的法规、政策和举措，并尽可能提供一些基本的技术路线图。比如在轴承分册，就描述了一个轴承产业发展的路线图。唯有如此，《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书才能满足原来立项的宗旨 —— 不仅要为工程技术界、大学教师、大学生与研究生提供学习参考书，为产业界的技术人员、管理人员提供决策参照，而且要为政府部门的政策法规制定者提供参考。

机械工业出版社是具有60年历史的专业性综合型出版机构，改革开放后，随着市场经济的发展，机械工业出版社不断改革转型，不但形成了完善的编辑出版工作流程和质量保证体系，而且编辑人员作风严谨，工作创新。

《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书不仅是一套科技普及书，更是一套产业发展参考书，必须既要介绍国内外战略性新兴产业的发展情况，又要阐述相关政策、法规、扶植措施等内容。因此，这套图书的组编单位、编写负责人和编写工作人员必须要有相关积累和优势。《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书所选的分册主编和作者主要是精力充沛的业内中青年专家，并由资深专家负责相应的编审、校审工作。现在看来大多数工作由中青年同志担当，是完全符合实际的。此外，这套图书的编著还充分发挥了有关科研院所、行业学会和协会的作用，他们的优势在于对行业比较熟悉，并掌握了较为丰富的资料。

最后，特别感谢国家出版基金对《中国战略性新兴产业研究与发展》系列图书的大力支持！感谢全体编写出版人员的辛勤劳动！

期望《中国战略性新兴产业研究与发展》为社会各界了解战略性新兴产业提供帮助，期待中国战略性新兴产业培育和发展尽快取得重大突破，祝愿我国在不久的将来实现由经济大国向经济强国的历史性跨越！

是为序。

2012年2月6日于北京

前言

紧固件是传统的机械基础件，是将两个或两个以上的零件或构件紧固、连接、定位成为整体的机械零件的总称。在人们的日常生活中，不管是家用电器、手表眼镜，还是手机计算机、汽车摩托车，都使用各种规格的紧固件，几乎人人都知道“小小螺丝钉”，但这只是紧固件应用的极小部分。紧固件在各种装备制造、工程建设和日常生活中普遍应用，从航空航天、高速铁路、高新技术装备到生产生活中的机械设备，从大型桥梁、高层建筑到一般钢结构厂房，无处不见紧固件的身影。由于紧固件在各种工业产品中应用最广，使用量最大，它在产品总量、尺寸规格、产品的一致性和互换性方面，列所有工业品之首。在机械、仪表、电力、汽车、高铁、城市交通、船舶、航空航天、电子电器、化工、建筑维修等各个产业，都广泛应用紧固件进行联接和紧固。因此，人们把紧固件统称为“工业之米”。

紧固件的英文名为“Fastener”，是机械装备中最早“标准化”的产品，习惯上被通称为标准件，是一种用途极为广泛的机械基础零件。紧固件具有较强的通用性、可靠性、互换性，是国民经济不可缺少的关键基础件之一。

近年来，我国已成为全球紧固件制造第一大国，也是紧固件进出口大国。 从我国紧固件进出口统计数据可以看出，大量高端紧固件进口比例很高，高端装备“空心化”现状在紧固件产业表现也十分突出。为了使大家充分了解我国紧固件行业的现状和世界紧固件产业的发展趋势，进一步认识紧固件在中国国民经济的重要地位和作用，本书回顾了我国紧固件行业的发展历史，概述了全球紧固件的发展现状，总结了世界主要工业先进国家紧固件产业的发展经验及对我国的启示，从新兴产业发展的战略高度论述了发展紧固件的重要意义，提出了我国紧固件产业发展的措施和建议。全书着重介绍了紧固件行业发展的

特点和趋势，分析了我国紧固件为战略性产业的配套需求和市场展望，揭示了我国紧固件行业面临的机遇和挑战，提出了未来我国紧固件产业发展的战略和目标。

全书共分为 6 章。第 1 章全面论述了紧固件的战略地位和重要意义；第 2 章回顾了我国紧固件产业发展的历史，并对其产业的发展现状和未来趋势进行了阐述；第 3 章介绍了紧固件制造的基础知识，从产品的制造、紧固件设备的类型和技术发展，到互联网 + 数字工厂在紧固件产业的应用情况，进行了较为详细的阐述；第 4 章着重揭示了世界紧固件产业发展的历程、特点和趋势，全面总结了欧洲和美国等国家和地区紧固件发展的经验，并提出了突破我国紧固件产业发展瓶颈的措施和建议；第 5 章对我国紧固件产业为战略性产业的配套需求和市场展望进行了分析；第 6 章在分析了紧固件行业面临的挑战后，提出了我国紧固件产业发展战略和目标以及振兴我国紧固件产业的关键措施及路线图，描绘了我国紧固件发展的宏伟蓝图。

本书撰稿时得到了张国信、任赤兵、王慧、钟世雄、刘振民、周志辉等专业人士的支持，在此特表感谢！

本书适合政府官员、企业经营管理者、科研院所的研究人员，以及对紧固件行业研究、发展、产品、市场及企业感兴趣的人士阅读。

2017 年 3 月 27 日

编写说明

《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》确定了我国未来经济社会发展的战略重点和方向是战略性新兴产业，并且根据我国国情和科技、产业基础，又制定出现阶段重点发展节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车七大新兴产业。可见，未来几年七大战略性新兴产业将是国家重点支持、大力推广的产业。

为了使大家全面理解、准确把握、深刻领会国家这一战略决定的精神实质，了解其发展内涵，推动产业结构升级和经济发展方式转变，增强国际竞争优势，抢占新一轮经济和科技制高点，机械工业出版社在国家出版基金的支持下，组织各领域权威专家编写了一套《中国战略性新兴产业研究与发展》（以下简称《研究与发展》）图书。

《研究与发展》以国家相关发展政策和规划为基础，借鉴国外相关产业发展的成功经验，对产业发展思路、发展目标、发展战略、发展重点、投资方向、政策建议等方面进行了全面、系统的研究；对前瞻性、基础性和目前产业上有瓶颈限制的问题提出了有针对性的对策。

《研究与发展》采用分期分批的出版方式陆续出版发行，第一期12个分册图书已于2013年底完成出版，包括：太阳能、风能、生物质能、智能电网、新能源汽车、轨道交通、工程机械、水电设备、农业机械、数控机床、轴承和齿轮。本次出版第二期13个分册图书，包括：功能材料、物流仓储装备、紧固件、模具、内燃机、塑料机械、塑木复合材料、物联网、制冷空调、智能制造装备、非常规油气、中压开关和工业网络信息安全。今后根据国家产业政策要求及各行业的发展情况还将陆续推出其他分册。

为了出版好《研究与发展》，机械工业出版社成立了《中国战略性新兴产业研究与发展》编委会，全国人大常委会原副委员长路甬祥

担任编委会主任。路甬祥副委员长对该套图书的编写高度重视，亲自参加编委研讨会，多次提出重要指导意见。他从图书的定位、内容选材、作者队伍建设和运作流程等方面都给予了全面和具体的指导，并提出了“六个特点”和“四性”的具体要求。对每个分册的内容重点提出了具体的建议要求。

机械工业出版社还建立了完善的项目管理、编写组织、出版规范和网络支撑四个方面的工作体系来保证图书质量。各组编单位投入了大量的精力组织行业权威专家规划内容结构、研讨内容特色；参与图书编写的主创人员也不计报酬，自觉自愿地把自己的聪明才智和研究成果奉献给社会，奉献给国家。他们都担负着繁重的科研、教学、行业管理或生产任务，为了使此书能够早日与大家见面，他们不辞辛苦、加班加点。因为他们都有一个共同心愿——帮助企业快速成长，使中国由大变强。

在此，衷心地感谢为此项工作付出大量心血的组编单位、各位专家、各位撰稿人、编辑出版及工作人员！

尽管我们做了大量工作，付出了巨大努力，但仍难免有疏漏或错误之处，敬请读者批评指正！

《中国战略性新兴产业研究与发展》编辑部

2017 年 3 月

目录 CONTENTS

序言

前言

编写说明

第 1 章　中国紧固件的战略地位 …… 1

第 2 章　中国紧固件产业发展历程及特点 …… 9

2.1　中国紧固件产业发展历程 …… 10

2.1.1　紧固件业创建基础时期（1949—1966 年） …… 10

2.1.2　紧固件行业发展的特殊阶段（1966—1978 年） …… 11

2.1.3　紧固件行业恢复时期（1979—1990 年） …… 12

2.1.4　紧固件行业快速发展时期（1991—2000 年） …… 14

2.1.5　紧固件行业稳健发展时期（2011 年—现在） …… 17

2.2　中国紧固件产业的发展特点 …… 19

2.2.1　体制机制创新有新硕果 …… 19

2.2.2　技术工艺水平有新提升 …… 20

2.2.3　装备发展快，生产能力大大提升 …… 21

2.2.4　紧固件行业产品质量稳中有升 …… 21

2.2.5　对外贸易快速增长，国际交往增多 …… 23

2.3　中国紧固件行业的不足及发展方向 …… 25

2.4　中国紧固件产业发展面临的机遇和挑战 …… 29

第 3 章　中国紧固件制造及装备概述 …… 35
3.1　紧固件用钢的材料改制 …… 36
3.2　紧固件产品成形及装备 …… 40
3.2.1　紧固件成形制造工艺 …… 40
3.2.2　紧固件螺纹加工工艺 …… 50
3.3　紧固件产品热处理 …… 54
3.3.1　紧固件产品热处理 …… 54
3.3.2　紧固件热处理炉常用的保护气氛 …… 55
3.3.3　紧固件热处理炉的选用 …… 61
3.3.4　紧固件热处理生产发展关注点 …… 61
3.4　紧固件表面处理 …… 62
3.4.1　表面处理在紧固件制造中的应用 …… 62
3.4.2　表面处理对紧固件螺纹配合的影响 …… 63
3.4.3　表面处理的种类及各工艺适应产品范围 …… 64
3.4.4　表面处理主要设备 …… 73
3.4.5　表面处理工艺与国际先进水平的差距 …… 78
3.4.6　表面处理工艺的发展方向 …… 78
3.5　紧固件质量检验和检测 …… 78
3.5.1　检验定义和要求 …… 78
3.5.2　紧固件抽样检验 …… 82
3.5.3　紧固件螺纹和螺纹检验 …… 82
3.6　紧固件包装与标志 …… 92
3.6.1　对包装场合及产品的要求 …… 93
3.6.2　包装材料 …… 94
3.6.3　包装工具与器械 …… 95

3.6.4 包装检验 …… 95
3.7 “互联网 +”数字工厂在紧固件行业的应用 …… 96
3.7.1 “互联网 + 工厂”背景下的包装自动化及发展趋势 …… 96
3.7.2 数字化设计与制造技术在紧固件行业的应用 …… 96
3.7.3 数字化设计与制造技术在紧固件行业的发展 …… 98

第 4 章 世界紧固件产业发展概况 …… 99
4.1 主要先进国家紧固件产业发展历程 …… 100
4.1.1 紧固件产业发展大事记 …… 100
4.1.2 欧洲、美国紧固件发展历程 …… 101
4.1.3 日本紧固件发展历程 …… 102
4.2 世界主要先进国家紧固件发展特点和水平 …… 103
4.2.1 世界主要先进国家紧固件工业历史悠久 …… 103
4.2.2 世界主要先进国家紧固件工业经验丰富 …… 105
4.2.3 世界主要先进国家紧固件工业技术领先 …… 106
4.2.4 世界主要先进国家紧固件工业规模与布局相对稳定 …… 106
4.2.5 世界主要先进国家主导紧固件标准的制订 …… 107
4.3 世界紧固件工业发展趋势 …… 108
4.3.1 紧固件的质量应是 100%“零缺陷” …… 108
4.3.2 紧固件产品更具创新性 …… 109
4.3.3 紧固件的品种具有更广泛的适用性 …… 109
4.3.4 紧固件将使用新型原材料 …… 110
4.3.5 紧固件生产将达到洁净化与自动化管理 …… 110

4.3.6 生产设备智能化及全自动化多功能加工中心普及 …… 110
4.3.7 紧固件生产的在线检测与出厂检测的全过程监控 …… 111
4.3.8 全球化大公司的结构调整对市场的影响更大 …… 111
4.3.9 紧固件电子商务的网络化 …… 111
4.3.10 紧固件生产的绿色发展 …… 111
4.4 中国紧固件产业与世界先进国家紧固件产业的差距 …… 112

第 5 章 中国紧固件产业为战略性产业的配套需求和市场展望 …… 115
5.1 中国紧固件产业市场展望 …… 116
5.2 中国紧固件产业对冷镦钢的需求展望 …… 118
5.2.1 冷镦钢的现状 …… 119
5.2.2 “十三五”期间紧固件用冷镦钢的需求展望 …… 122

第 6 章 中国紧固件产业发展战略和目标 …… 125
6.1 发展战略和指导思想 …… 126
6.2 紧固件产业发展目标 …… 127
6.2.1 紧固件产业近期发展目标及工作重点 …… 127
6.2.2 紧固件产业中期发展目标及工作重点 …… 129
6.2.3 紧固件产业远期发展目标及工作重点 …… 130
6.3 振兴中国紧固件产业的关键措施 …… 130
6.3.1 研发“大飞”紧固件 …… 130

6.3.2 冷挤压成形技术 …… 133
6.3.3 数字化技术的应用 …… 133
6.4 推动中国紧固件产业发展的相关政策建议 …… 134
6.5 紧固件产业转型升级 …… 135
6.5.1 加快产品结构调整，明确重点产品方向 …… 135
6.5.2 加强紧固件重大技术装备的工艺研究与攻关 …… 139
6.5.3 推进紧固件产品创新发展的重大研发项目 …… 141

附录 …… 149
附录 A 中国紧固件行业“十三五”发展规划（节选） …… 150
附录 B 中国紧固件行业大事记（2007--2016 年） …… 165
附录 C 紧固件行业国家标准目录 …… 193
附录 D 中国制造 2025（摘要） …… 211
附录 E 工业强基工程实施指南（2016—2020 年） …… 233
附录 F 工业“四基”发展目录 …… 247
附录 G 智能制造设备概述 …… 273

第 1 章

中国紧固件的战略地位

紧固件是将两个或两个以上的零件（或构件）紧固、连接、定位成为整体所采用的一类机械基础零件的总称。其品种规格繁多，标准化、系列化、通用化和商品化程度甚高，已形成配套齐全的专业化制造产业，因此，习惯上也称为标准件，至今仍有一些紧固件生产企业称为标准件厂。

紧固件是传统的机械基础件，早于其他大部分机械装备和零部件产品问世，在工业化初期便得到广泛应用，也是专业化生产最早的产品。在漫长的进化发展过程中，用量最大的螺纹紧固件基本原理和结构特点得到保留和完善，在此基础上，其设计、制造和使用技术非常成熟，发展成十分完备的系统。从专利信息看，针对紧固件的性能、结构的改进专利技术相当多，也表明紧固件虽然是传统的产业，仍在与日俱进，在信息化时代仍发挥着不可替代的作用。

紧固件应用于各种装备制造、工程建设和日常生活中，从航空航天、高速铁路、新能源等高新技术装备到民用的一般机械和日用生活品，从大型桥梁、高层建筑到一般钢结构厂房，无处不见紧固件的身影。当下使用的大部分装备，无论其大与小，复杂与简单，基本上都是由若干个零部件或单元组合而成，紧固件连接是使用最多、最有效的连接方式，起到了不可替代的作用。紧固件产品虽身小价廉，却担负着重要使命，其作用不可低估。一辆小轿车使用各种类型的紧固件数千件，而一架中型飞机紧固件用量可达数百万件。由于用量大，市场需求多，专业化程度高，人们把紧固件称作工业之米。

按国内标准分类，紧固件产品包括：螺栓、螺柱、螺母、螺钉、木螺钉、自攻螺钉、垫圈、铆钉、销、挡圈、紧固件－组合件及连接副，以及其他（如焊钉、异形钉）12 大类；按其主要结构特点又可分为螺纹紧固件和无螺纹紧固件，其中螺纹紧固件占比很高；按性能等级分类，一般把公称抗拉强度 800MPa 及以上的紧固件称为高强度紧固件，如 8.8 级及以上的钢制螺栓，8 级及以上的钢制螺母等，绝大部分钢制高强度紧固件需要进行热处理和表面处理；行业中，把结构或性能不完全符合现行国家标准和行业标准的紧固件产品称为非标异形件，这些产品一般要求比较严格，有其个性特征，制造难度大，价格比较高，是一些有能力企业的关注焦点，也是错位竞争的理性选择。

出于历史原因和国际贸易需要，进出口紧固件产品按税号划分归类，主要有：

方头螺钉、其他木螺钉、钩头螺钉及环头螺钉、自攻螺钉、其他螺钉及螺栓，不论是否带有螺母或垫圈、螺母、其他钢铁制螺纹制品、弹簧垫圈及其他防松垫圈、其他垫圈、铆钉、销及开尾销、其他钢铁制无螺纹制品。一些出口目的国的税号产品与国内不尽相同，关税也有区别，有些产品受到反倾销和反补贴贸易手段影响，在出口中应予以注意。

由于航空航天用紧固件与一般工业和民用产品无论材质还是性能要求都差异很大，特别是有一些特殊的使用要求，如环境条件、轻量化、可靠性要求等，所以，无论制造、标准化、认证以及贸易都自成体系。国际上，这部分产品的标准化由ISO TC20 负责，而不是由紧固件标准化技术委员会 ISO TC2 负责，在国内也不属于全国紧固件标准化技术委员会业务范畴。在国内，分别由 SAC/TC425 全国宇航技术及其应用标准化技术委员会和 SAC/TC435 全国航空器标准化技术委员会归口，相应的标准数量不多，分别为国家军用标准（GJB）、航天工业行业标准（QJ）和航空工业行业标准（HB）。在其他领域，如船舶、石油等，也有个别具有特殊要求的紧固件产品，以往这些行业除了采用国家标准外，也有一些比较特殊的专用紧固件产品，由其行业内部的企业或进入配套目录的通用紧固件企业生产，一般使用国标产品或在国标结构基础上附加一些材质、热处理、表面处理等特殊要求，没有专用标准。近些年，向行业外企业开放度提高，社会供货量明显增加，为这些行业提供产品的企业，应关注相应产品标准和特殊要求。

紧固件多为成组使用，也就是一个节点用若干件（套）紧固件，为了降低成本，减轻质量，许多场合使用的紧固件达到精打细算的程度，紧固件规格选择预期最小。单件（套）使用的紧固件一旦失效，就会造成该节点紧固功能丧失，被连接紧固零部件解体或异位，直接引发整机或部分功能丧失，一般应慎重而为之。多件配套使用节点上的一个紧固件失效，其功能转嫁给同节点其他紧固件担当，加重其他紧固件的负担，常会引发多米诺效应。当多件紧固件失效时，最终造成整个节点被击垮。

当紧固件出现断裂或松脱解体，形成不受约束的金属残片时，其运动轨迹和落点不可预知，可能直接伤及设备和人员。残片若碰到高速运转的部件，就会被加速弹出，加大其杀伤力；若掉落到运动副和相对运动的两部件之间，会直接阻碍运动，使运动副破坏或卡死，从而影响机器运转，甚至造成停机；若掉到裸露的电力电子产品上，就可能因短路而影响电力供应或烧毁电子元件或产生非预期信号，造成供电中断，控制系统发出错误动作，引发系统性灾难。总之，一旦紧

固件出现失效，轻者影响主机正常运转，重者造成停工停产，甚至导致重大人身财产损失。因紧固件失效引发的事故屡见不鲜，保证紧固件性能质量、安全性和可靠性应引起高度重视。

近年来，我国已成为全球紧固件制造第一大国，也是紧固件进出口大国，出口额大于进口额，处于贸易顺差状态。据中国机械通用零部件工业协会紧固件分会统计数据显示，2014 年我国紧固件出口量 278 万 t，出口额 50.6 亿美元，主要出口国家前 10 位的是：美国、俄罗斯、日本、德国、土耳其、阿联酋、巴西、韩国、印度和澳大利亚。2014 年进口至我国的紧固件为 30.4 万 t，进口额 32.7 亿美元，主要进口国家和地区前 10 位的是：日本、德国、韩国、中国台湾、美国、意大利、法国、西班牙、捷克和荷兰。在欧盟对中国紧固件反倾销以后，我国出口欧盟地区总量大减。

冷战结束后，国际经济格局发生了巨大变化。国际合作加强，中低端制造业向发展中国家和地区转移，一些发达国家将注意力转向盈利更高的虚拟经济和高端制造，争夺市场先机，传统制造业大大削弱，因此，有人将传统制造业称为夕阳产业。2008 年爆发的金融危机敲响了警钟，美国的先进制造业伙伴计划、工业互联网，德国的工业 4.0，日本的《产业技术竞争力强化法》等，无不直接指向制造业的发展与竞争力提升，意在抢占实体经济的制高点。

我国通过实施改革开放政策，承接制造业产业转移，释放人口红利，以较大的环境资源代价换取了持续多年的快速增长，成为制造业大国，积累了一些财富，取得了令世人瞩目的成就。与此同时，我国制造业大而不强，受到自主创新能力、产业结构水平、资源利用效率、信息化程度和质量效益等制约日益显现，大力发展战略新兴产业是推动转型升级、实现跨越发展的重要举措。党的十八大以后，党中央国务院审时度势，全面调整发展思路，科学应对新常态，提出一系列战略措施，推进实现强国梦。

2015 年 5 月，国务院发布《中国制造 2025》，这是动员全社会力量、力争到 2025 年中国制造业进入强国行列的行动纲领，是我国制造强国战略第一个十年行动纲领。《中国制造 2025》开篇就明确指出“制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基”，提出了以“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”20 字的基本方针，指明了实施制造强国战略的目标和任务，将强化工业基础能力列入战略任务之一，紧固件制造业将迎来新的机遇和挑战。随着我国装备制造业向高端迈进，对紧固件等基础件的要求越来越高，受劳动用

工难、劳动力成本持续升高、环境承载能力紧缩、原材料价格低迷等影响，企业利润空间明显受到挤压，产业继续转移不可避免，紧固件产业面临新的挑战和机遇，转型升级迫在眉睫。

我国装备制造业虽然取得了可喜的进步，在国民经济中的主力作用显而易见，也为制造业乃至国民经济发展做出了巨大贡献，但自主创新能力不足，高端装备空心化严重，仍然是制造业发展的“瓶颈”和“短板”，基础件是“短板”中的“短板”。2010 年工业与信息化部发布《机械基础零部件产业振兴实施方案》，2011 年又发布了《机械基础件、基础材料及基础制造工艺“十二五”发展规划》，2013 年开始实施强基工程，连续三年陆续支持了一批项目，还将继续实施若干年。

从《中国制造 2025》和近些年实施工业强基工程情况看，政府十分关注核心基础零部件（元器件）、先进基础工艺、关键基础材料和产业技术基础（以下统称“四基”）等工业基础能力建设，逐步加大对基础共性研究、公共服务平台和基础设施建设的投入力度，基础件将支持重点聚焦在目前供给能力差距大的液压件、轴承和齿轮等方面，紧固件能力落实的项目相对少些。政府支持的项目以引导、攻关和示范作用为主，项目数量少，参与企业少，惠及面有限，更多的还需要行业、企业审时度势，抓住机遇，应对挑战，发挥自身优势，借力政府（包括中央和地方政府）相关政策支持和上下游协同，关注绿色制造和智能制造技术发展，适时做好转型升级，不断提升竞争力，才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。

我国紧固件制造业是一个国民经济和社会发展不可或缺的富有生命力的行业。紧固件制造业服务于国民经济各个领域，紧固件产品随处可见，全国几千家企业，几乎各个省市都有分布，为近百万产业工人提供了就业岗位，每年创造 700 多亿元销售额，30 多亿美元的外汇收入。整个紧固件制造业出现了连续十几年高速增长，在金融危机和国际贸易保护主义影响下，还是取得了相对较高的增长速度，由于产业结构和产品结构不断完善，紧固件行业表现出了很强的生命力。但是，受市场需求总量和结构特点的限制，紧固件制造业总体规模不大，中小型企业占比大，龙头企业规模也不大。

作为最基础、最通用的机械基础件，紧固件产业对战略性新兴产业有着举足轻重的作用，高端紧固件也是战略性新兴产业的重要组成部分。战略性新兴产业需要大量的装备和设施来支撑，离不开各种紧固件。作为战略性新兴产业的节能环保产业、高效节能技术装备及产品、新一代信息技术产业的信息网络基础设施

和新一代移动通信设备、生物产业的先进医疗设备、高端装备制造产业的航空装备、空间基础设施、卫星、轨道交通装备、海洋工程装备、智能制造装备、新能源产业的新一代核能技术和先进反应堆、风电技术装备、新能源汽车产业的混合动力汽车、纯电动汽车等都需要大量使用紧固件，紧固件性能质量将直接影响这些产业产品的性能和质量。紧固件制造业在为战略性新兴产业服务的同时，也需要高效、节能、低耗、低排放、高智能化的高端制造装备和新材料，从而成为战略性新兴产业的服务对象。

从我国紧固件进出口统计数据可以看出，大量高端紧固件进口比例很高，高端装备空心化现状在紧固件产业表现也十分突出。究其原因，主要有以下几个方面：一是创新资源不足，社会资源缺失，公共产品和公共服务供给不配套，低水平重复开发严重，多年的模仿生产，企业将关注焦点和技术力量主要集中在生产上，创新投入低；二是创新机会不多，紧固件只是品种规格繁多的产品，客户按现成技术产品设计要求类比设计，一般不做深入研究，大部分生产企业主要按标准或客户要求组织生产，基本没有机会参与产品的原创设计；三是受到外资排斥，一些引进技术和外资企业直接将国外设计拿来，由于地缘关系采购原企业配套商的产品，也不乏因为文化差异和对中国企业了解不够，对中国制造产品不放心或抵触；四是国内市场需要净化，由于市场无序竞争，个别企业诚信度低，采取非正常手段抢占市场，甚至弄虚作假，影响了产业整体形象；五是质量竞争意识差，关注细节不够，“快吃萝卜不洗泥”，“差不多就行”的认识很普遍，出现问题时想办法过关，努力减轻自己的责任。

解决上述问题，需要政府、社会、行业、企业和机构的多方努力，攻坚克难，协同推进。

要发挥市场在资源配置中的主导地位，充分利用社会资源和市场经济杠杆，特别应该注意的是质量强企，改变中国制造的形象。2015 年 7 月，工业和信息化部发布《高强度紧固件行业规范条件》，这虽然是一个非强制性的措施，相信对引导紧固件产业健康、有序和可持续发展，遏制低水平恶性竞争，确保装备和人身安全，保护企业技术研发投入积极性，提高产品质量和绿色制造应用水平，满足主机产业对优质高强度紧固件产品需求，加快我国紧固件产业的转型升级能起到积极的推动作用。

当今世界正发生复杂深刻的变化，世界多极化、经济全球化、文化多样化、社会信息化的潮流不可逆转，各国面临的发展问题依然严峻，国际金融危机深层

次影响持续发酵，世界经济复苏缓慢，经济社会发展分化，国际投资贸易格局和多边投资贸易规则酝酿深刻调整。为了促进经济要素有序自由流动、资源高效配置和市场深度融合，推动沿线各国实现经济政策协调，开展更大范围、更高水平、更深层次的区域合作，共同打造开放、包容、均衡、普惠的区域经济合作架构，习近平主席于 2013 年首次提出了“一带一路”的战略构想。

“一带一路”是“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的简称。是合作发展的理念和倡议，是依靠中国与有关国家既有的双多边机制，借助既有的、行之有效的区域合作平台，旨在借用古代“丝绸之路”的历史符号，加强政策沟通、道路联通、贸易畅通、货币流通、民心相通，高举和平发展的旗帜，主动发展与沿线国家的经济合作伙伴关系，共同打造政治互信、经济融合、文化包容的利益共同体、命运共同体和责任共同体。

在金融危机后，特别是受欧美反倾销的不利影响，一些企业试探到东南亚国家设厂投资，在其他一些地方设立分支企业和寻找合作伙伴，试图通过走出去度过眼前的难关，受政治、文化等差异及当地政策等影响，成功的案例不多，效果不理想，但这种探索还要继续下去，紧固件企业要抓住“一带一路”行动落地的机遇，搭船出海，抱团取暖，国际产能合作、沿线基础设施建设、中国装备走出去等举措和相关政策，都需要大量的紧固件，将形成新的增长点。

第 2 章

中国紧固件产业发展历程及特点

2.1 中国紧固件产业发展历程

紧固件是国民经济不可缺少的机械基础件，主要产品包含：螺栓、螺钉、螺柱、螺母、木螺钉、自攻螺钉、销、垫圈、铆钉、挡圈及非标异型件等。这些产品是我国工业发展史上第一批按照国家标准实现标准化的产品之一，具有较强的通用性、可靠性、互换性，既环保又经济。在机械、仪表、电力、汽车、高铁、城市交通、船舶、航空航天、电子电器、化工、建筑维修、家具等产业，都广泛应用它进行联接和紧固，真可谓无处不在，无处不用，紧固件成为各行各业之友。为此，人们把紧固件统称为“工业之米”。紧固件品种规格多，应用范围广，市场需求大，适应大批量自动化生产。紧固件虽小，但关键部位其作用却重大，所以，紧固件不仅是关键基础件，更是安全件。一个国家的紧固件工业是否先进，是衡量其工业发达程度的重要标志之一。

中国紧固件产业的形成和发展，是伴随着我国经济发展的步伐，逐步由小到大、由弱到强，呈现着不同的发展历程及特点，也从一个侧面反映出我国工业发展的历程。回顾我国紧固件工业发展，大致可分为五个阶段。

2.1.1 紧固件业创建基础时期（1949—1966 年）

中国紧固件起源于 20 世纪初，国内近代造船和机器业的兴起，在上海出现了生产紧固件铁铺，如 1905 年创办的洽怡兴铁铺，至 20 世纪二三十年代，上海、天津、沈阳、东北等地出现了几十家小作坊和小工厂。

新中国建立后，全国处于国民经济恢复时期，从事紧固件生产的小作坊厂家不断扩大，职工 1 万多人，设备 1 500 台左右，产品品种 13 个，产量约为 10 亿件。生产制造手段非常落后，主要靠烘炉锻打、热压、切屑等加工工艺，采用手工操作加工螺纹。主要产品有：毛制的铆钉、道钉、鱼尾钉、垫圈等，产品档次低，主要“配对出厂”、定点专用或维修使用。当时，紧固件生产的技术和管理十分落后，缺乏检测手段，没有严格的检验规范，标准体系不健全。

1953 年，国民经济步入社会主义建设初期，机械工业部根据国民经济发展需要，通过公私合营，加快紧固件产业专业化建设步伐，先后在上海、沈阳、天津、广州、武汉、重庆、哈尔滨等工业城市相继成立了上海螺丝工业公司、沈阳螺钉

厂等专业化生产厂，紧固件生产开始纳入国家计划。到 1956 年底，全国已拥有 35 个专业化生产企业。尔后在前苏联专家的帮助下，经过紧固件产业工人的努力，生产技术、装备、管理有了较快进步，并经兼并重组和专业化生产。截至 1957 年，我国从事紧固件生产的企业已达 180 个，产业工人 3.5 万人，产量约 50 亿件，产值 2.5 亿元，利润 2 000 万元。

随着我国社会主义建设进入国民经济调整时期，极大地激发了广大人民的建设热情，各行各业得到了快速发展，社会对紧固件的需求量加大，这为刚建立起来的紧固件行业提供了发展舞台，广大紧固件产业工人和技术人员，独立自主、解放思想，大搞技术革新和技术革命，每年有 200 多项重大革新。如 1960 年，上海弹簧垫圈厂研制成功的我国第一台弹簧垫圈闪电式切断机（2 880 件 / min），比冲切工艺提高效率 48 倍，此后推广到全国，这一工艺至今还在发挥着作用；沈阳标准件厂学习德国和前苏联技术，改进和自制新设备 126 台，使全厂机械化、自动化程度达到了 76.5%；1965 年，天津和济南标准件厂在济南铸锻研究所的协助下，设计和试制成功我国第一台立式 Z47-12 多工位自动冷镦机；接着上海试制成功第二台，这种设备比原双击冷镦机效率提高 6 倍多，其对整个行业生产装备的发展起着极大的推动作用。随后，在生产实践中不断改进完善，发展成系列化，成为我国二十多年来占主导地位的系列装备。

这一历史发展阶段，通过了公私合营、地方国营及工艺、技术革命，初步建立了一支紧固件生产队伍。尔后，随着国民经济的发展，紧固件需求量的扩张，推动着全行业加快技术革新和技术革命的步伐。通过消化、吸收国外设备及技术，形成行业自身的生产制造体系，培育和锻炼了一大批工程技术人员和技工队伍。国家标准局颁发我国第一批紧固件标准，共 120 个（编号为 GB2-121：1958），从而推动了紧固件行业的发展。至 1966 年，紧固件企业发展到 206 个，除西藏地区外，28 个省、市、自治区都已有了自己的专业化紧固件生产厂，产品已发展到 100 多种，这为以后紧固件业的发展打下了扎实的基础。

2.1.2 紧固件行业发展的特殊阶段（1966—1978 年）

1966—1978 年的十年动乱期间，紧固件企业遭受了最严重的创伤，企业生产管理混乱，技术发展受到严重冲击，“臭老九”“反动技术权威”“封资修”等帽子横行，大量知识分子、技术人员下放劳动，企业的生产处于停顿和半停顿的瘫痪状态，紧固件行业与世界工业先进国家的差距进一步拉大。

但紧固件行业广大技术人员和职工顶着压力，发扬主人翁精神，积极响应支

援三线建设，骨干企业分别抽调了大批技术工人、科技人员和干部到边远地区去，到最艰苦的山区搞建设。上海标准件公司将部分骨干力量先后内迁到重庆、成都、柳州、宜昌等地区，建立新工厂和生产车间；天津机制螺丝厂援建了内蒙古包头市标准件厂；江苏无锡市和靖江县标准件厂共同援建了西宁标准件厂；沈阳标准件厂援建了西安标准件厂、宝鸡标准件厂和吉林辉南标准件厂。这些工厂迅速形成生产能力，成为我国内地和边远地区紧固件制造业的中坚力量，解决了地区配套难题。

1972 年，机械工业部依据中国和罗马尼亚政府间的经济协议，以沈阳标准件厂为主，调动全国紧固件行业和相关单位，援建了一个年产 15 000t 的紧固件厂。通过多方协同合作和努力，1976 年胜利完成任务，提供设备 335 台（套），其中电镀自动线 2 条、法兰自动线 1 条，受到罗方的高度评价。同时，援罗项目对我国紧固件行业的技术水平是一次考验和提高，我们依靠自己的力量，设计和制造了成套设备出口，无论是设计制造水平，还是生产工艺可靠性和结构合理性，都体现出中国紧固件行业已具备了一支有能力赶超国际水平的专业队伍，实现了中国紧固件行业成套装备和技术出口“零”的突破。

1975 年 7 月，机械工业部为了加强紧固件行业技术管理工作，决定建立沈阳标准研究所，负责行业技术归口工作，同时也推动了行业中骨干企业相继建立企业研究所，使中国紧固件行业的科研开发能力得到了加强。

1976 年，国家标准局根据 224 项试行标准结果，决定将上述标准正式转为国家标准 202 项，标准化体系进一步扩大完善，推动了紧固件行业生产技术的发展。

这段时期，尽管紧固件业发展受到严重影响，但紧固件行业的广大员工坚持独立自主、奋发图强的精神，通过援建罗马尼亚项目和 224 项国家标准试行，培养和锻炼出了一批专业技术人员和职工队伍，支援三线建设，规范了紧固件产业的布局，从而使紧固件企业以重点城市进入边远地区，带动紧固件中小企业快速发展，为以后的发展提供了拓展空间。

2.1.3 紧固件行业恢复时期（1979—1990 年）

党的十一届三中全会吹响了改革开放的进军号，中国经济进入了新的历史阶段。党中央提出了以经济建设为中心，加快国民经济建设的方针，制定了到 2000 年国民经济发展分两步走的战略部署，为中国紧固件行业的恢复和发展提供了良机。

党的改革开放政策极大地调动了广大紧固件产业工人发展生产的积极性，纠正错误，修章建制，规范工艺技术纪律，促进紧固件业的发展。在改革开放初期，国家加大市场经济步伐，20 世纪 80 年代初，国务院决定把紧固件产品最早从计划经济中解脱出来，取消统一订货、统一定价，让紧固件产品完全进入市场，给紧固件业增添了新的动力和活力。

1982 年，国家标准化局根据发展需要，组织制定了参照、等同、等效国际标准的产品标准 284 项，基础标准 54 项，使我国紧固件的标准水平又有了新的提升，推进了紧固件行业与国际接轨。同时，一些骨干企业为了拓展国际市场，将国外标准消化转为企业标准。如上海标准件公司组织力量编制制定了 89 项标准，推动产品出口，平均每年创汇达 3 115 万元，同时带动全行业进入国际市场的紧固件产品有 100 多个品种，50 多亿件产品销往 60 多个国家和地区。这些新标准的宣传贯彻和执行，促进了全行业技术水平的提高。上海标准件公司、沈阳标准件厂、北京标准件工业公司、天津机械配件公司、广州标准件公司、重庆标准件公司、哈尔滨标准件厂、西安标准件总厂和太原标准件厂等重点骨干企业面对市场竞争，迅速加快技术改造，引进国外先进技术工艺及关键设备，加快开发新产品，使企业在竞争中求得了发展，这些骨干企业拥有雄厚的技术力量和先进高速的生产设备，采用较先进的生产工艺和管理，成为行业中的一群领头羊，每年向主机厂提供近 80% 的配套紧固件，这些企业的产量占机械工业系统紧固件总产量的 70%。

1984 年 8 月，中国紧固件工业协会在北京宣告成立，这是我国第一家跨地区、跨行业、跨部门的全国性行业组织。协会的宗旨是面向企业和为会员单位服务，在政府与企业间起到了桥梁和纽带作用。协会成立后，经常组织企业开展各种技术、管理交流活动。随着改革开放，协会加强与美、欧、日等国家和地区联系，组织企业走出去考察、参观及学习，同时又请国外专家到我国进行专题讲座、培训和交流。在协会的统一组织协调下，企业热情高涨，受教育培训和考察的人员急增，这对提高全行业技术和管理水平起到了积极作用。一批新型专用设备在引进、消化吸收的基础上，自行设计制造，投入行业运用。如 ZS、ZM 系列螺栓、螺母高速冷镦机，生产效率为 30 ～ 100 件 /min，可生产 0.8 ～ 30mm 的螺钉、螺栓，2 ～ 30mm 的螺母；后来又陆续研制出 ZS306、ZS308、ZS312、ZM41-6、SZ41-24 和 800t 冷成形机以及高速滚丝机、高速攻丝机等。这些新型生产设备生产效率和自动化程度高，结构紧凑，操作简便。如上海标准件公司制造的 ZS308

高速多工位自动冷镦机产量可达 300 件 /min，比 Z12-6 提高效率 8 倍；ZM41-24、ZM41-16 型五工位自动冷镦机，可实现大料小变新工艺，大大减少废品率，每年降低原材料费用约 12 万元。

全行业立足中国国情，学习国外工业先进国家紧固件制造技术，开发了新工艺和新技术，研制出一批新材料，使全行业制造水平在原有基础上有了较大进步。如在行业协会、机械工业部、冶金部及钢铁企业的大力支持下，先后研制 出 M8、M10、1018A、1022A、ML35、S35K、15MnB、20MnTiB、35CrMoA、40Cr、OC18Ni9、1Cr18Ni9Ti、1Cr10 等一批塑性好、变形抗力小、易冷成形的新钢种，基本上满足了产品标准和市场需求。又如 TLMW50、65Nb、012A1、CG-2、LD、YG20 等新模具钢投入应用，极大地提高了模具的精度和平均使用寿命，促进了紧固件行业产品质量和生产效率的提高。

大料小变形成形、双缩径工艺及热温镦新工艺推广运用，推进制造能力的释放，加快新产品开发，先后开发新品种 500 多种，其中有墙板自攻钉、三角形自锁螺钉、尼龙组合螺钉、螺母、8.8 ～ 12.9 级高强度螺栓等，尤其是高强度钢结构用扭剪型螺栓和钢结构用大六角高强度连接副，性能等级为 10.9 级，质量达到日本、德国同类产品先进水平，用于上海宝钢 1、2、3 期建设，为宝钢建设节约外汇达 1 000 万美元，也在上海南浦大桥、东方明珠、杨浦大桥、金贸大厦建设项目及国家一些大型建筑和重大工程中得到应用。

紧固件业的恢复时期，在改革开放政策指引下，我国紧固件业有了较快的发展。到 20 世纪 80 年代末，紧固件产量达到 50 多万 t，比 70 年代末翻了 5 倍多 . 大量新工艺、新技术、新材料得到应用，约 5 万多台（套）新型专用设备投入运行，全行业产品质量水平有了进一步提升，产品已应用到汽车、农机、大桥、钢结构建筑、大型工程以及电站、航天等领域，尤其是在开放政策的吸引下，美、德、日等一些工业先进国家及中国台湾、中国香港地区的企业，纷纷来大陆投资，建成 100 个左右的工厂，加速了与国内紧固件企业的竞争，促进了全行业整体水平的提升。

2.1.4 紧固件行业快速发展时期（1991—2000 年）

随着改革开放的深入，国民经济进入快速发展阶段，GDP 的增长速度保持两位数，同时国际形势趋稳，世界经济呈现增长态势，国际国内经济快速稳定增长，市场需求旺盛，带动中国紧固件业发展进入快车道，特别是高强度、高精度、非标异型件产品的需求增强，推动全行业在“七五”改造的基础上，加大了改造

步伐和投资力度。上海上标（集团）有限公司为实现围绕汽车及摩托车、家用电器、IT 产品、重点工程、电站设备和柴汽油机等主机和出口的需要，重点发展高强度、高精度、高附加值、高性能的紧固件和相关零部件，加大技改投入，加快技改步伐，于 20 世纪 90 年代初，投入资金 5 000 余万元，引进带冷镦力显示多工位冷镦机、螺纹加工设备及热处理生产线和德国全数自动检测仪共 89 台（套），对高强度、高精度、高性能产品生产和出厂进行全数自动检测，使客户提出的产品“零缺陷”有了重要保证手段，在全行业起到了引领和带动作用。

“九五”期间，紧固件行业技术改造重点是提高高档紧固件的生产能力和出口能力，全行业按照“九五”规划共投资 1.9 亿元以上，对相关 13 个项目进行立项改造。常熟标准件厂通过技改，提高工艺装备水平，形成年产 5 万 t 能力；上海上标（集团）有限公司通过改造调整，形成了生产汽车紧固件、钢结构连接件、自攻螺钉、内六角螺钉和高强度螺栓批量生产能力；山东滕州标准件总厂的不锈钢紧固件项目，总投资 2 800 万元，引进设备 21 台（套），形成 2 500t 不锈钢螺栓、异型件及汽车零配件等。在此基础上，常熟标准件厂为配合城市规划，投资 2 亿多元，征地 53 万多 m^2，建设新型紧固件生产企业，年产量达到 17 万～ 20 万 t 大关，处于国内领先水平；浙江乍浦标准件实业有限公司投入 5 000 万元，采用台湾多工位冷镦机生产螺母，年产量突破 10 万 t 大关，成为全国最大的螺母生产企业之一，尔后又继续投入数千万元，投资改造生产螺栓、螺钉，形成螺栓、螺母配套发展企业；富奥汽车零部件有限公司标准件分公司、东风汽车紧固件有限公司、上海上标汽车紧固件有限公司、温州明泰标准件有限公司、贵州航空标准件厂和深圳航空标准件有限公司等企业，每年投入 500 万～ 1 000 万元，不断提高装备水平和制造能力，使企业成为行业高新技术的先导企业；宁波标准件行业也坚持每年投入 4 000 万～ 5 000 万元进行技术改造，出口能力大为提升，成为全国紧固件出口生产基地之一。

20 世纪 90 年代末，在国家积极财政政策和拉动内需方针的带动下，随着改革开放的进一步深入，中国紧固件行业加大改革调整力度，加快国资退出步伐。由于体制、机制的制约，老国有企业普遍存在企业老化、人员过多、负担过重、产品更新较慢、企业核心竞争力减退等问题，随着改革和“国退民进”政策的推进，紧固件行业老国有企业率先进行整顿重组，有序地退出市场。上海上标（集团）有限公司从 1998 年开始，花三年多的时间对企业进行改组，先后有 7 000 多人下岗分流，重组上海标准件进出口公司和上海上标汽车紧固件有限公司等 7 个企

业，打响了改革重组的第一炮。随后广州标准件工业公司、沈阳标准件厂、西安标准件厂和北京标准件公司等一批骨干企业先后进行改革重组。伴随着国资退出的步伐，全行业民营企业更为活跃，特别是沿海地区涌现出一大批新型股份制和民营企业。到 21 世纪，中国紧固件行业改革和改制取得积极成果，95% 的企业完成所有制改革，成为行业一支有竞争力的生力军，初步形成珠江三角洲、长江三角洲、渤海湾紧固件生产集聚区，出现了上海外环区、广州佛山南海区、宁波、温州、嘉兴、海盐、苏州、昆山、深圳、东莞、武汉和永年等紧固件生产企业群，成为重要的紧固件生产和出口基地，初步形成了民营股份制企业、外资企业、国有企业三足鼎立的态势。

同时，随着改革进程的不断推进，紧固件行业的机制体制发生了重大变化，从而释放出更大的生产活力，加上国民经济的高速增长，国内外市场需求增强，在汽车、农机、工程机械、铁路、家用电器、航空航天和建筑等产业发展的推动下，紧固件行业有了迅猛发展。截至 2010 年，全国紧固件企业达 8 000 多个，其中规模以上企业达 2 000 多个，产能有了较大提升，达 900 万 t，实际完成紧固件产量达 650 万 t，销售收入达 600 亿元，分别比 2001 年增长 3.4 倍和 5.28 倍，平均增幅分别达到 18.10% 和 13.02%。其中出口总量 223.95 万 t，出口创汇 34.62 亿美元，分别比 2001 年增长 4.97 倍和 9.48 倍，平均增幅分别达到 17.59% 和 25.25%，真正实现了快速健康稳定地发展。伴随着市场经济的步伐，中国紧固件行业坚持走创新之路，加快传统产业与现代信息产业结合，提高密集型产品的技术含量，坚持以人为本，创资源循环的节约型新型体系，构建和谐发展环境，坚持以市场为向导，加速技术进度和产品结构调整，提高全行业的装备和技术工艺水平，促进全行业稳定快速发展，不断增强全行业核心竞争力。在市场经济强烈地带动下，尤其是高端先进制造业的发展，对高强度、高精度、高性能紧固件的需求仍供不应求，出口市场持续高速增长。推进标准化工作较快进步，在全国紧固件标准化委员会的统一领导下，在全行业广大企业的参与下，标准化工作经过 4 次重大全面制修订，形成了较完善的标准体系，现行紧固件国家标准达 434 项，行业标准 85 项，国际标准转化率保持在 98% 左右，达到国际先进标准水平，对全行业紧固件产品和技术水平的提高，以及出口创汇起到了巨大的促进作用。紧固件行业要坚持以市场为先导，加速技术进步和产品结构调整，提高全行业的装备和技术工艺水平，促进全行业持续稳健快速发展，不断增强全行业的核心竞争力。

2.1.5 紧固件行业稳健发展时期（2011 年—现在）

紧固件行业“十二五”规划是稳健发展之举、务深化改革创新调整之实。中国经济受 2008 年世界金融危机带来的冲击，同时，经过十多年的超高速增长，产业结构和区域经济不平衡矛盾凸显，尤其是 4 万亿元的市场投入带来的滞后负面影响，使中国经济下行压力加大，同时，世界经济复苏缓慢，加上汇率变化，导致国内外市场需求不旺，给中国紧固件行业带来很大的困难，增长速度放慢。紧固件行业要加快结构调整的步伐，促进全行业实现三个转变，即：从片面追求产量产值向提高品质和品牌效益上转变；从片面追求大而全向专、精、特、新上转变；从片面生产型向生产服务型转变。要紧紧依靠汽车、新能源、高铁、城市交通、电子电器、航空航天和建筑维修等产业，加快全行业产品结构调整，促进全行业增长方式的转变。

宁波金鼎高强度紧固件有限公司面对国内外高强度紧固件产品的需求，主动调整产品结构，加大 8.8 级以上，尤其是 10.9 级、12.9 级高强度螺栓的生产力度，先后投入 1 亿多元进行技术改造，对冷镦设备、关键热处理生产线和在线检测设备等进行专项改造，全公司实现 ERP 电子化管理，生产和质量水平大大提高，高强度产品内外销保持较快增长势头，年销售额达 7 亿～ 8 亿元。

温州明泰标准件有限公司投资 3 亿多元，征地 13.3 万 m^2，购进数十台较先进的冷镦和螺纹加工设备，进口日本清永热处理生产线，生产在线检测，实行“零缺陷”质量控制，其产品已批量供上海大众和上海通用使用。2014 年公司销售收入突破 10 亿元，成为乘用车紧固件生产的排头兵。

海盐宇新螺母总厂面对低性能产品过剩、竞争加剧的不利形势，主动调整产品结构，大力发展 8 级以上各种螺母和非标螺母，并投入 5 000 万元建新车间，调整全厂布局和工艺流程，以适应高端螺母的要求，从而使企业保持每年 10% 以上增长，并成为螺母行业最具活力和竞争力的企业。

上海申光高强度螺栓有限公司、上海金马高强度紧固件有限公司、上海高强度螺栓厂、宁波九龙高强度紧固件有限公司和宁波中京紧固件有限公司等一批原生产钢结构高强度企业加大投资力度，加强冷、温成形装备的更新改造，以适应风电、水电等新能源及高铁和城市交通行业对大型高强度紧固件的需求，企业生产保持了较强的生产能力，生产效能和生产效益有了较大增长。

中航科技总公司与海盐地区紧固件企业联手，投入数亿元，加大钛合金和高低温合金钢、韧性钢及航空航天紧固件生产技术和装备输入，力争打造航空紧固

件生产基地。

浙江乍浦实业有限公司与西安飞机集团公司合作，投入 1 亿多元，形成钛合金螺钉及航空专用件生产能力，为商用飞机和国产飞机提供服务。

杭州西子集团和烟台正大集团公司先后投资近 10 亿元，采购国内外一流的生产设备，建成钛合金等航空航天紧固件生产基地。

进入 21 世纪，市场竞争进一步加剧，为了保持紧固件行业持续稳定地发展，在全行业提出了“在发展中调整、在调整中提升”的新思路，坚持以市场结构、产品结构为抓手，推进企业重组和产业集聚，促进全行业增长方式的转变。

调整推动行业企业间兼并重组的步伐。上海集优机械股份有限公司在兼并上海高强度螺栓厂、上海市紧固件和焊接材料技术研究所的基础上，又收购了荷兰百年老企业纳特史洛夫公司，2014 年销售收入大大增加，成为全行业第一个销售额突破 50 亿元的龙头企业，首开资本运作收购国外著名企业的先河；浙江君浩紧固件有限公司兼并上海哈迪威公司；浙江瑞安标准件有限公司兼并重庆市两个地方紧固件企业，开拓汽车和摩托车配件市场；深圳航空标准件有限公司兼并上海卓越汽车零部件有限公司；浙江万丰奥特控股集团公司收购上海达克罗涂复有限公司等。由于国内外市场竞争的加剧，必然推动企业向外发展，如常熟标准件厂、宁波金鼎紧固件有限公司、浙江乍浦实业有限公司等 10 多家紧固件企业，分别到匈牙利、马来西亚、印度尼西亚等国投资建厂，开启了外向型经济的步伐。这些成功的兼并重组和海外投资，充分说明行业中的龙头骨干企业要保持稳步发展，都在积极寻找着自己发展的空间。全行业有 80% 的骨干企业仍保持增长势头。

调整是动员令，调整是及时雨，调整更是企业生存发展的强大动力，早调整，早受益。全行业面向市场、面向先进制造业和高端客户，坚持创新驱动，加快结构调整和转型升级，推动全行业健康发展。通过近五年的努力，紧固件制造业产品已基本上能够满足汽车、新能源、高铁和航空航天高端产业的需求。全行业保持较平稳的增速，2014 年产量达 720 万 t，销售收入为 710 亿元，比 2010 年分别增长 16.13% 和 18.33%；出口总量创历史新高，达 278 万 t，出口创汇 50.6 亿美元，比 2010 年分别增长 25% 和 15.13%。质量水平大大提高，经济效益有所提高。

行业涌现出以浙江明泰标准件有限公司、江苏常熟标准件厂、上海标五高强度紧固件有限公司为代表的龙头企业和年销售收入超亿元的 200 多家骨干企

业，这些企业年销售收入总额达 400 多亿元，占全国紧固件销售收入的 60%。年出口创汇 1 000 万美元以上的企业有 60 多家，占全国紧固件出口创汇的 80%。全行业规模以上企业达 2 000 多家，累计销售收入占全国紧固件销售收入的 75% ～ 80%。通过改革调整，全行业集中度有了很大的提高。

2.2 中国紧固件产业的发展特点

中国紧固件行业伴随着中国国民经济的发展不断壮大，特别是经过社会主义建设的十二个五年计划的培育，中国已成为世界紧固件制造大国，中国紧固件业已处于世界中上等发展水平。

从新中国建立初期的数十个作坊式的厂点，发展到现在遍布全国各地并具有较高水平的专业化生产，从粗制品发展到高强度、高精度、高附加值的精制紧固件，从烘炉锤打及切屑工艺发展到冷镦、温镦、冷挤压成形工艺，从陈旧落后手工设备发展到多工位自动冷成形机和自动螺纹机，从进口紧固件和设备发展到出口紧固件及装备并援助国外，从无标配对生产发展到全面接轨国际标准或国内外先进标准生产，从盐浴吊淬发展到全自动可控气氛保护的网带炉，从无退火工艺石灰拉拔发展到可控气氛保护的钟罩炉、井式炉、STC 炉等先进生产装备并辅之以磷皂化拉拔新工艺，从电解式锌电镀到三价铬、锌镍合金、热镀锌、机械镀锌和达克罗等多镀层的新工艺，经历了这些发展历程，从根本上改变了我国紧固件工业的落后面貌。截至 2014 年，全国紧固件产量达 720 万 t，占世界紧固件总产量的 45% 左右，销售收入 710 亿元，占世界总销售额的 13% 左右，真正成为世界紧固件制造大国。具体来说，表现在以下各个方面。

2.2.1 体制机制创新有新硕果

我国紧固件行业经历了解放初期社会主义改造、公私合营及社会主义建设初期的大跃进和改革开放各个历史时期。尤其是改革开放以来，以经济建设为中心，深化体制改革，开放引进外资，一批世界工业先进国家著名公司及中国台湾、中国香港地区的企业进入大陆，通过创新驱动和调整转型升级，我国紧固件业基本上形成了国有企业、民营股份制企业、外资企业三足鼎立的态势。全国现有紧固件企业 8 000 多家，其中年销售收入 2 000 万元以上的优势企业 2 000 多家，股份制民营企业占 95%，全行业活力进一步增强。全国除西藏外，所有省、市、自治区都有紧固件制造企业，基本上能满足各地的经济发展和配套需求。在国民经济快速发展进程中，紧固件企业在全国行业协会的统一组织协调下，提出了“在发展中调整、在调整中提升”的思路，引导企业向中西部地区转移，向钢铁企业

周边转移，向港口周边转移，形成上下游互动的产业链，建成若干个现代化的紧固件生产基地和出口生产基地。经过十多年的改革调整，基本上建成了长江三角洲、珠江三角洲和环渤海地区三大紧固件集聚区，同时形成上海外环区、广州佛山顺德区、深圳东莞、浙江宁波、浙江温州、浙江海盐、江苏苏（州）（无）锡常（州）、河北永年、河北邢台及湖北武汉等产业群。同时，通过深化改革调整，推进行业重组、兼并和海外投资步伐，涌现出一部分销售收入超 10 亿元的龙头企业，全行业产业集中度有较大的提升。

2.2.2 技术工艺水平有新提升

全行业广大科技人员经过几十年不断研究和生产实践的磨炼，基本上形成了“材料改制—产品成形—搓（滚）丝—热处理—表面处理—检验—包装”的生产工艺流程，至今在全行业中执行，保持与国际上生产工艺相一致。早在 20 世纪 80 年代，随着中、高强度紧固件需求的增长，推动全行业装备业更新改造，大量新装备投入使用，全行业自动化程度大大提高，多工位自动冷镦机大量涌现，促进了全行业研究推行冷镦、冷挤压技术及大料小变形、多次缩径、少无切屑新工艺，生产效率和劳动生产率大大提高，之后相继研发出热镦、温镦、挤压复合工艺及其自动装备，适应大规格高强度紧固件和非标异型件、机械零件的生产。众所周知，钢材是紧固件生产的重要材料，长期以来困扰着紧固件业的发展，随着市场对中高档紧固件需求量的加大，对钢材表面缺陷及圆整度、纯净度等提出新要求，以满足紧固件的生产制造。通过钢铁企业与紧固件行业的合作，并经过长时期的试验验证和完善提高，先后推出了 M8A、M10A、ML35、S35K、1018A、1022A、15MVB、15MUB、10B21-25、20MnTiB、35VB、35CrMoA、40Cr、40CrNiMoA、IC18Ni9Ti、ICr13 等一批新材料，同时，在原材料改制上，采用可控气氛保护的钟罩炉、井式炉、STC 炉等施行球化退火新工艺，解决了困扰全行业的冷镦开裂、脱碳问题，采用喷丸除锈磷皂化伸拔新工艺，增强了材料的防锈性和润滑性，克服了氢脆（氢损伤），减轻了对环境的污染。

全行业推行了可控气氛保护全自动热处理生产线，强化产品淬火和回火工艺控制，实现了光亮淬火、回火、发蓝一次完成。该生产线先进、安全、可靠，产品质量稳定，能耗低、无污染，保证了中高强度紧固件产品的质量。通过推进筒式零件小变形工艺、杆类零件多次缩径的冷挤压成形新工艺、温镦成形工艺、弹簧垫圈和垫圈自动成形工艺、产品倒角工艺、常温发蓝工艺等，促进全行业技术工艺不断发展。

工模具是紧固件制造的关键保障，目前全行业采用了 TLMW50、60N6、021A1、CG-2、LD、YG20 等材料，采用真空热处理新技术，辅以渗氢、渗硼、渗铌及氮化钛表面强化新工艺，使模具的寿命大大提高。

紧固件生产技术和工艺的完善和提高，将中国紧固件制造技术推向一个新高度。

2.2.3 装备发展快，生产能力大大提升

在改革开放政策和国际经济快速发展的推动下，通过 6 次大规模的技术改造，紧固件行业对一批专用装备进行了技术改造。特别是改革开放以来，中国的投资环境发生变化，吸引美国、德国、日本和韩国等工业先进国家及中国台湾、中国香港地区的厂商纷纷来大陆投资，促进了紧固件业竞争和技术提升，我国紧固件企业多次组团赴美、日、东欧和中国台湾地区进行交流、考察，经过引进消化，在山东济南铸锻所等单位的帮助下，企业与科研院所协同，共同设计制造了一批新型的专用紧固件制造装备，使全行业生产自动化率达到 90% 左右。目前全行业拥有各类紧固件成形和制造专用设备 20 多万台（套），其中 30% 左右为 20 世纪六七十年代水平，60% 左右为 20 世纪八九十年代水平，5% 左右为世界先进水平（主要通过引进实现）。在各类专用设备制造企业的努力下，全行业专用制造设备 90% ～ 95% 都是自行设计和制造的。同时，全行业目前拥有自动热处理设备 5 000 多台（套），其中包括热处理网带炉、材料球化退火炉、真空淬火炉等，拥有 2 000 多台（套）表面处理设备，这些装备覆盖了紧固件制造的全过程。制造装备的发展使全行业生产能力达到 900 万 t/a 以上，大大提升了全行业的生产制造能力。

2.2.4 紧固件行业产品质量稳中有升

通过六十多年的生产实践和市场竞争，广大企业的质量意识得到不断增强。质量是企业的生命、质量第一的观念已深入全行业。行业多数企业都比较重视加强质量管理，设立专门机构，抽调优秀技术人员从事企业质量管理工作。至今，有一大批企业已通过了 ISO9001：2008 或 QS9000：2009、ISO/TS16949：2009 等质量体系的认证，推进 QSB 质量系统基础（GM）、Formel Q 供应商质量能力（VW）和电子化管理，促进了企业质量管理水平的提高。同时，企业十分重视产品检测能力建设，投入大量资金，引进和购置一批覆盖产品检测的先进仪器，不仅满足了日常生产检测需求，而且使全行业及企业实验室水平提高到新高度。目前全行业拥有全国性检测中心 4 个，分布于北京、上海、浙江海盐和辽宁沈阳，

对全行业产品质量进行监督检测。有一批企业建立了省级或国家级实验室，在加强企业检测的同时，面向社会为相关企业服务，从而带动一大批企业产品质量的稳定提高。

进入 21 世纪，随着汽车、航空航天等高端制造业的发展，不少企业应用了先进的现代化检测设备，如螺栓的摩擦因数、疲劳试验、断口、失效分析系统、拧紧分析系统等仪器，有些企业还配备 SK 生产在线检测、镦锻力监控仪、SPC 等质量监控系统，基本建立起“材改—成形—搓丝—热处理—表面处理”直到产品检选的全过程质量控制系统，保证产品质量稳定可靠、安全可控，以追求产品“零缺陷”目标。这些检测系统广泛应用于上海汽车工业（上海大众、上海通用）、东北汽车工业、京津汽车工业（北京汽车、北京现代）、广州和重庆汽车工业（福特汽车、长安汽车）及核电、风电、高铁、航空航天等各领域，得到了客户的肯定。一大批国家重点工程已批量配套供应高强度紧固件，如宝钢一、二、三期的 10.9 级高强度连接副，首都机场、浦东国际机场等一批机场建设的专用高强度网架螺栓，南京长江二桥、九江大桥、孙口黄河大桥、上海南浦大桥、杨浦大桥使用的大六角高强度螺栓，上海、北京、广州的地铁配套螺栓，上海金茂大厦、北京国贸二期、天津云顶花园等超高层摩天大楼的钢结构螺栓等，高强度紧固件的应用为国家和地方重大工程做出了杰出贡献，这些著名工程和项目，促进了企业的质量管理，推动了企业创品牌活动的深入。全行业先后涌现出一大批省市级及国家级的知名名牌，如上海标准件进出口有限公司的“SFC”、上海标五高强度紧固件有限公司的“古鼎”、上海高强度厂有限公司的“狮子”等，常熟标准件厂、浙江晋亿实业有限公司、宁波金鼎紧固件有限公司、东风汽车标准件有限公司和浙江乍浦实业有限公司 5 家企业获中国机械工业优质品牌称号。

紧固件的作用不可低估，紧固件的质量更为重要。近三五十年来有记载的全球发生的因紧固件使用不当或产品质量造成的重大事故不胜枚举……

2011 年 9 月 13 日，台湾两架 F5 战机意外坠毁，震惊全岛，而在事发前 3h，空军新竹基地又传出一架幻影战机因疏于维修，在飞行训练时机尾管罩竟然松脱，台军方坦承是维修人员将 4 个螺钉只锁了 2 个，才会让机尾差点掉下来。

1999 年 7 月 15 日，被认为是世界最佳车手的舒马赫在英国大奖赛中开赛 30s 就迎头撞上护墙。他在这次事故中造成右腿两处骨折，将有 2 个月不能参加

比赛。法拉利车队表示，此次车祸是刹车系统的一个螺钉松动引起的。

一部《泰坦尼克》电影让无数人相信，正是那座该死的冰山，让它蒙受灭顶之灾。然而，研究发现，不合格的铆钉可能是导致这艘号称“永不沉没”豪华游轮沉没真正的凶手。制造商在购买泰坦尼克号铆钉所用的铁料时，选购的是 3 号铁料，而不是其他船舶制造商惯用的、质量更好的 4 号铁料。这个不严谨的决定，间接导致了泰坦尼克号的沉没。

2003 年 9 月 6 日，一颗螺钉导致 10 亿元损失 ——NOAA 卫星事故的警示。

2011 年 7 月 5 日，深圳地铁事故原因查明：螺栓松脱致扶梯逆行。

2012 年 10 月 29 日，日产公司因螺栓问题在美召回 1.39 万辆 Altima 汽车。

触目惊心的事故，让我们清醒地看到：紧固件产品的质量是何等重要！

我国紧固件行业标准化工作取得长足进步，从 1958 年开始，全行业产品标准经过 4 次全面修订，已发布 400 多项国家标准、35 项行业标准，并向国际标准靠拢，采用国际先进标准率达 98%，标准化水平已达到国际先进水平，推动了紧固件业发展和质量水平的不断提高。

2.2.5 对外贸易快速增长，国际交往增多

紧固件具有广泛地通用性和互换性。真可谓“小螺钉，大市场，无处不用”，被称为“工业之米”，因而市场巨大。改革开放以来，紧固件产品国际化步伐加快，由于中国紧固件产品具有质量好、服务优、诚信度高、价格有竞争性，随着全球经济发展，世界各国各地区对紧固件需求不断增长，我国紧固件产品自 1962 年开始进入东南亚市场，直至进入欧美市场。20 世纪 90 年代，中国紧固件制造技术进一步提升，制造能力得到较快发展，促进了紧固件产品出口的快速增长，紧固件产品分别出口美国、日本、北美、东欧、亚洲和非洲等 100 多个国家和地区，到 2014 年出口总量达到 277.9 万 t，出口创汇 50.63 亿美元，分别比 1992 年（出口总量 19.33 万 t、出口创汇 1.77 亿美元）增长了 14.38 倍和 28.60 倍，平均增幅达 15% 以上。主要出口地区为美国、俄罗斯、日本、土耳其、欧洲、南非等国家和地区，我国成为世界上紧固件出口第一大国，紧固件产品也成为中国机电产品出口关键拳头产品之一。2012—2014 年中国紧固件（钢制品）出口产品统计见表 2-1。

表 2-1　2012—2014 年中国紧固件（钢制品）出口产品统计

品　种	2012 年		2013 年		2014 年	
	出口量（万 t）	出口额（亿美元）	出口量（万 t）	出口额（亿美元）	出口量（万 t）	出口额（亿美元）
方头螺钉	1.97	0.32	2.19	0.45	1.96	0.41
其他木螺钉	7.56	1.12	8.16	1.13	9.15	1.27
钩头螺钉及环头螺钉	1.27	0.30	1.79	0.41	1.25	0.31
自攻螺钉	18.49	3.49	19.80	3.64	22.85	4.17
其他螺钉及螺栓，不论是否带有螺母或垫圈	113.37	20.40	118.33	21.11	124.85	23.10
螺母	46.10	8.33	47.35	8.34	52.61	9.40
其他钢铁制螺纹制品	32.95	5.16	33.16	4.92	38.56	5.61
弹簧垫圈及其他防松垫圈	2.91	0.56	3.09	0.59	2.75	0.54
其他垫圈	13.26	2.52	14.33	2.66	16.22	3.03
铆钉	2.73	0.94	2.21	0.85	1.56	0.56
销及开尾销	2.96	1.12	3.05	1.16	3.26	1.29
其他钢铁制无螺纹制品	2.83	0.86	2.40	0.80	2.88	0.93
总　计	246.40	45.12	255.86	46.04	277.90	50.63

从表 2-1 可以看出，近几年我国紧固件出口品种中，螺栓占第一位，平均占出口总量的 45.7%；其次为螺母，占 18.7%；第三位是自攻螺钉，占 7.8%。紧固件出口的主要目的地中，美国排第一位。

随着紧固件产品出口的扩大，带动了中国紧固件装备的出口。1972 年，我国援助罗马尼亚建立年产 15 000t 的紧固件厂，提供紧固件专用设备 335 台（套）。我国的紧固件专用冷镦设备已先后出口美国、日本、东南亚等国家和地区。

随着我国紧固件产品出口快速增长，国际贸易摩擦也不断增多。西方一些发达国家打着反倾销大旗，不断损害我国紧固件企业产品自由出口的权利，尤其是欧盟于 2008 年开始对我国紧固件出口进行反倾销司法立案，经过法律抗诉，强行对我国紧固件出口欧洲的五大类产品征收 26.1% ～ 87% 高额反倾销税，严重阻碍了我国产品的出口，致使 1 000 多家企业蒙受损害。为此，紧固件出口企业

在紧固件行业协会的统一组织协调下，请求政府支持，商务部于 2009 年将欧盟告上 WTO。这是中国政府因紧固件产品反倾销案第一次状告欧盟，经过 WTO 专家组评审和专题听证会，最后裁决欧盟违反 WTO 公平公正贸易原则，责其纠正，但欧盟玩弄法律条款，拖延整改时间，迫使中国政府按照国际贸易法 2.1 条款，再次提出诉讼，2016 年 1 月 18 日中方取得历史性胜利。这一具有历史意义、经过长达近十年之久的国际贸易案将载入史册。

针对欧盟的反倾销，我国紧固件行业采取反制措施。由中国紧固件行业协会及 47 个骨干企业发起，对从欧盟进口的紧固件进行反倾销立案调查，最终商务部于 2010 年 6 月 26 日对欧盟五大类出口到中国的紧固件产品征收 26% 的反倾销税。通过这一系列的贸易纠纷的处置，锻炼了队伍，增长了知识，使我国紧固件出口更规范、更具有竞争力。

由于我国的投资环境不断改善，吸引了大量国外企业来华投资，再加上我国重大工程、汽车、航空航天及 IT 等产业的迅速发展，对高强度、高精度、高附加值紧固件需求不断上升，到 2014 年，我国进口紧固件 30.8 万 t，用汇 32.7 亿美元。

中国紧固件进出口贸易额不断上升，推动着中国紧固件行业对外交往的不断增加。1984 年 8 月，中国紧固件工业协会的成立促进了中国紧固件制造业和国外同业的联系和交往。全国平均每年有 30 ～ 40 批经济、贸易、技术代表团赴欧美、日本及东南亚、非洲等国家和地区考察访问和洽谈贸易合作；每年协会组织 2 ～ 3 次专业性交流，邀请国外专家和学者进行技术交流，推动了全行业经济贸易和技术的进步。

至今，中国紧固件行业已与世界上主要紧固件生产企业建立了联系，与美国、英国、意大利、德国、日本、韩国等国家及中国香港、中国台湾地区的紧固件协会建立了交往机制，亚洲五地域紧固件交流会每年轮流在中、日、韩、中国台湾和中国香港地区举行。通过一系列交流活动，扩大了交流，增进了友谊，促进了紧固件业的共同发展。

2.3 中国紧固件行业的不足及发展方向

中国紧固件行业经过 60 多年的发展，发生了翻天覆地的变化，取得了辉煌的业绩，已经在中国乃至世界各国经济发展中起到一颗“螺丝钉”作用。但总体上看，中国紧固件行业大而不强，在管理和技术上，与发达国家和世界先进水平仍有不小差距，行业存在不少问题和隐患。

首先，中国紧固件行业大而不强。我们的产量虽然是世界第一，占世界紧固件总量的 45% 左右，但我们销售收入却占世界销售总额的 1/8，平均单价与亚洲和世界工业先进国家相比仍有一定差距，这充分反映出我们产品的附加值低、产品科技含量低。

我国现有紧固件企业 8 000 多家，小微企业比较多，规模以上企业 2 000 多家，全国各地分布较为分散，行业集中度不够高，给行业管理、交流和发展带来一定影响。同时，沿海地区紧固件企业相对集中，发展较快，中西部地区不够活跃。尽管从 20 世纪 90 年代末，全行业进行调整和产业转移，但进展较慢，“东强中西部较弱”的局面没有根本改变。

我国紧固件专用设备经过 6 次技术改造，总体水平有了很大提高，有 90% 的装备具有自动化水平，但极大部分仍处于 20 世纪八九十年代水平，与国际上成熟的先进装备相比，在高速化、自动化、智能化、环保节能及稳定性、可靠性和高精度等方面有较大差距，尤其与美国国民机械公司、意大利 SACMA 公司、日本板材制作所、日本旭大隈株式会社、比利时 NEDSCHROEF 机械公司、德国 EWM 公司等一大批著名公司的差距较大，特别是在热处理设备和表面处理装备等方面差距更大，满足不了国内高强度、高性能紧固件和非标异型件、冷成形零件制造需要。

通过几十年不断研究、探索，紧固件行业生产制造水平趋于稳定，基本上能指导通用紧固件（按标准生产具备通用性）生产，但总体水平处于中上等水平，特别是专用紧固件（主要用于航空航天、汽车、新能源、高铁、石油、IT 等产业）生产技术和工艺与国际先进水平相差较大，在原材料、专用设备、工模具设计与制造、冷成形工艺、热处理与表面处理等方面，落后于国际先进水平 10 ～ 20 年。全行业自主研发和开发能力不强，没有建立面向全行业的技术服务平台。由于重主机、轻基础件，导致从事紧固件技术和工艺研究的高校与科研院所不多，也制约了紧固件行业整体技术水平的提升。近年来，高端制造业的发展对紧固件产品提出新的要求，引起不少企业的高度重视，纷纷成立研发中心并与高校研究院所联合，开展部分项目合作，推动行业创新发展，但总体上仍处于起步阶段。

我国紧固件产品的生产，仅能实现按 GB 及 JIS、DIN、IFI、BS 等国外标准生产，行业自主创新、自行开发、获得国内外认可的新产品不多。近几年，行业加强创新发展，研发力度加大，每年全行业有 500 ～ 1 000 项新产品及新技术获得实用

技术和开发技术专利证书，成为中国专利申报的大户之一。但是，产品的科技含量还不够高，走向国际不够。

我国紧固件产品质量总体上能满足市场和客户需求，但在产品内在质量及可靠性、稳定性上与国际水平仍有差距。行业采用 ISO9001 标准体系的不多，特别是 QS9000、OHSAS18000、ISO14000、CA、CE、GE 等国际先进标准管理体系更少，全行业管理水平不高。虽建有 4 个全国性产品专业检测机构，对产品质量起到监督检查作用，但检查与检验多，帮助指导少，采用 ERP、SPC 及在线检测、自动筛选的现代化质量控制的企业较少，行业品牌建设力度不强，政府和相关部门支持关注不够，导致创国内品牌难，创国际名牌更难。

我国紧固件行业经过多年不断发展，市场需求、生产能力、产业组织方式、生产要素、相对优势、市场竞争特点、资源环境约束、经济风险、资源配置模式和宏观调控方式、融资投资格局等已发生了趋势性的变化，随着我国经济发展进入新常态，紧固件行业的增长必将从高速转向中速，发展方式从规模速度粗放型向质量效益集约型增长转变，结构调整从增量扩能为主转向存量和增量并存升级的深度调整，发展动力从传统增长点转向技术创新增长点。制造强国战略、《中国制造 2025》规划、“一带一路”战略等国家战略将给我国紧固件业带来新的发展机遇。

必须坚持创新、协调、绿色、开放、共享的发展新理念，坚持改革开放不动摇，坚持创新驱动，深化改革，加强体制机制创新，创建若干个年销售额 50 亿～ 100 亿元的大企业集团，培育一批生产专、精、特、优产品的骨干企业，加强 3 个产业集聚区和十多个产业集群建设，提高全行业产业集中度和核心竞争力，做好国家战略发展的配角，服务于中国制造业。

要坚持市场导向，加快产业结构调整。我国紧固件行业正处于转型的关键时期，要在发展中调整，在调整中提升，要坚持依靠汽车、新能源、高铁、城市交通、电子电器、航空航天和建筑维修等产业，加快全行业产业结构调整，促进全行业增长方式的转变。全行业要高度关注中低档产能过剩和竞争加剧状况，加快产品结构调整，大力发展高性能、高附加值、高强度产品，热处理调质产品要占产品总量的 90% 以上，9.8 级以上高精度产品要占总量的 30% 以上。加强环境保护，加大环保投入，促进紧固件行业走绿色制造之路。依据国家“十三五”规划和《中国制造 2025》规划及“一带一路”发展战略，加快向高强度紧固件和非标异型件、专用件方向发展，重点发展组合螺钉及组合件、不锈钢紧固件、IT 产业微型螺钉、

自锁类紧固件、钛合金紧固件、铝合金紧固件、碳纤维紧固件、汽车紧固件、航空航天紧固件及各种表面处理紧固件、化学涂覆类紧固件，不断提高全行业产品档次和技术水平。

要形成多元化市场结构，在市场结构调整的同时注重产品价格定位。要按照市场规律，做好销售自律工作，防止低价恶性竞争。要立足内销，实施错位竞争。要面向国际市场，调整产品结构和市场结构，拓展海外市场，做强进出口贸易，从事商品紧固件生产企业要走兼并重组、集约化生产之路，要加快产业向海外转移，增强抗风险能力。按照国家战略规划和产业政策，做好产业梯度转移，要从沿海地区向中西部地区转移、向钢铁企业周边转移，形成若干大型现代出口生产基地。

要坚持科学发展观，坚持创新驱动，加强行业技术服务平台和企业技术中心建设，加大科技投入和产品开发力度，攻克技术和关键基础工艺，全面提升全行业的制造水平。依托网络化、信息化、智能化，促进传统产业升级换代。要抓住国家在汽车、新能源、高铁、航空航天等重点行业发展机遇，加大耐热钢、耐腐蚀、高韧性、抗疲劳及钛合金、铝合金、碳纤维等高端紧固件产品的研发力度，要从原材料到成形工艺，从热处理到表面处理等全方位上有新突破，为制造业提供高质量、高水平的高端专用紧固件。要依托信息和网络技术与传统产业相结合，发挥企业自主创新优势，研制一批人机对话新型冷成形机和自动检测设备，大力推进冷挤压新工艺、新材料，为紧固件行业产品大型化、机械零件复杂化、生产过程高效化、产品检测自动化和制造技术集约化提供支撑。

要积极推行网络、信息技术融合于企业质量管理，借助于 ERP、SPC、在线检测、激光和光学筛选技术，加强质量监控，实现生产过程控制，确保产品质量零缺陷，满足高端制造业装备需求，实现紧固、安全、可靠。要加强全行业检测中心和企业实验室建设，加强全行业品牌建设，培育一批省市级、国家级直至国际著名品牌和商标，推动全行业质量管理上水平。

要加快推动互联网和移动互联网 + 制造、销售、物流的应用，建成若干个具有一定规模的电子商务平台，促进紧固件制造和营销与物流方式的根本转变。在“十三五”期间，在一批龙头标杆企业中建设“网络 + 机器人 + 自动化”的智能工厂，创立示范，促进全行业整体水平的提高。

保持紧固件产业持续稳定健康地发展，关键是人才，要从战略高度认识人力资源的重要性，要积极与高等院校和科研院所合作，与职工学校合作，不断培养

和培育高、中、低各类有用人才，服务于紧固件行业。

全行业要认清形势，振奋精神，把握机遇，迎接挑战，促进全行业做到 3 个真正转变，即从片面追求产量产值，向提高质量和品牌效益上转变；从片面追求大而全、小而全，向精、特、专、优上转变；从生产型向生产服务型方向转变，使中国紧固件产业始终保持稳步健康地发展，实现中国紧固件腾飞之梦。

2.4 中国紧固件产业发展面临的机遇和挑战

当前，我国经济进入中高速发展态势，面临的形势依然错综复杂，有利因素与不利因素并存。全球经济深度调整，国际竞争更趋激烈，美国经济初步复苏，新兴市场、亚洲市场较为活跃，国际经济温暖回升，推动世界紧固件需求上升。据世界产业市场调查公司 Frechonia 公司预测，2016 年世界紧固件市场将达 800 多亿美元，2014—2018 年紧固件市场平均增长率为 5.8%，其中，亚洲地区需求将保持 7.4% 的增长，美国将达到 4.3% 的平均增长率，预计 2017 年美国市场达 148 亿美元，主要用于汽车、航天太空及建筑业。我国经济发展的要素条件也正在发生深刻变化，经济结构调整、增长速度换挡、先期政策消化三期叠加，使经济下行压力依然较大，经济发展处在重要战略机遇期，区域发展回旋余地大，新的增长动力正在加快形成。预计我国经济仍保持 7% 左右的增长率。国内、国际经济的增长和发展，给我国紧固件产业提供良好机会，特别是工业现代化、农业现代化、城镇化和信息化步伐加快和惠民工程的实施带来更多商机。因而，要把握机遇和挑战，坚持创新驱动、改革调整、转型升级，不断优化产业结构，保持我国紧固件业 5% 左右的增长率，注重提质增效，促进紧固件业健康稳定发展，实现紧固件强国之梦！

国家提出的“中国制造 2025”、“一带一路”和装备业“走出去”战略，给我国紧固件发展提供新的发展空间，推动紧固件行业质量和效益的提升。制造业是我国国民经济的主体，是科技创新的战场，更是立国之本、兴国之器、强国之坚。历史经验和我国经济发展事实证明，紧固件是制造业之基，是不可缺少的关键基础件，紧固件与制造业息息相关。现在我国铁路纵横，高铁疾驶，城市交通网四通八达，航空联接各国，汽车保有量达世界之最，港口运输繁荣昌盛，手机已步入百姓日常生活，所有这一切变化，都离不开紧固件的发展和支持，紧固件已成为国民经济的重要组成部分，已成为新兴产业之一。

高端制造业发展必然带动高端专用紧固件的需求，要生产和提供性能优、精度高、塑性和韧性强、可靠性和安全性好、防腐和环保性能佳、稳定性和适应性

强的紧固件产品，推动紧固件行业向更高、更强、更优、更安全的高端产业发展，推动中国紧固件产业进入世界紧固件强国之列。

我国的“一带一路”和装备制造业“走出去”战略，会推动铁路、车辆、港机和港口工程以及石油、汽车等产业及基础工程的发展。“一带一路”战略的实施更会促进相关国家经济贸易发展，带动紧固件产品的出口。随着相关产业的发展，对高强度、高精度、大规格紧固件需求会增长，带动我国紧固件转型升级，走高大精之路。

为了推动我国基础件产业发展，以适应装备制造业调整、振兴和高端发展，国家出台了十大产业调整振兴规划以及新能源计划、强基专项计划，这些计划的落实将对紧固件产业提升和发展起积极作用。依托重大工程，坚持科技创新，加大自主创新和开发力度，实现技术的新突破，实现投资项目的目标化，加大节能减排的力度，走绿色制造之路，实现紧固件产业的新常态发展。为此，要把握国家新战略带来的商机，正确领会和运用好国家振兴基础件的一系列政策，立足本行业，面向大市场，练好内功，主动出击，做大做强紧固件行业。

在面对市场，抓住发展机遇的同时，应保持清醒的头脑，高度关注在发展和机遇期出现的问题和挑战，做好预案，防范风险。对形势和市场变化的错误判断和认识，都会给我们的发展带来巨大的阻碍。必须坚持党的十八届五中全会提出的创新、协调、绿色、开放、共享发展新理念，以发展的理念引领发展方式的转变，以发展方式的转变推动发展和效益的提升，坚持在发展中调整，在调整中创新和提升。

当今，我们已进入信息时代，要高度认识数字技术、信息化、智能化及互联网技术给紧固件行业带来深度的变革和挑战。要努力创新，加快机器人、自动化和智能化技术应用，促进紧固件产业向少人或无人自动化方向发展，提高产品质量和劳动生产率，降低成本，提升企业和全行业核心竞争力。要充分认识 3D 打印技术给紧固件行业的研发、非标异型件开发和产品升级带来的革命，加快紧固件产品的开发速度和配套能力，翻开紧固件行业的新篇章。要高度认识和推进互联网 + 行动，推进互联网 + 销售及物流，促进全行业销售方式和物流运营的新变革，推进互联网 + 制造，实现智能制造，使全行业生产模式和组织方式发生质的变化，再铸紧固件行业新的辉煌。

尽管我国紧固件行业经过十二个五年计划的培育，随着我国经济的高速发展而不断壮大，但我们的技术工艺和装备水平与国际上工业先进国家比较，仍有不

少差距。为此，我们要加快与钢铁企业的合作，稳定成熟钢种，提高钢材的纯净度和批次稳定性，开发耐高温、耐腐蚀、高韧性、合金钢、钛合金及铝合金等新型材料，跟上世界发展前沿，更好地适应“中国制造 2025”及紧固件产业转型升级和产品结构调整的需求。要加大技术投入，加快技术创新步伐，与客户相结合，与主机同步开发，自主研发和加强冷镦、冷挤压、温镦等新技术、新工艺及工模具设计，向国际先进加工技术学习，不断提高国内工模具精度和寿命，全面提升全行业技术水平和核心竞争力，从而迎接来自各方面的挑战。

在我国紧固件行业的发展过程中，要坚持立足国内市场，实行错位竞争，克服削价、低价倾销行为，增强行业自律，促进全行业公平、公正，规范市场行为准则，促进全行业健康发展。在做好内销的同时，适度合理地做好外销，调整出口产品结构，增加出口产品的科技含量，提高产品档次、精度，主动面对国际市场变化，不断优化出口地区和出口板块，出口总量控制在总量的 40% 以内，减轻外贸的依存度，扩大内需，防范风险。2004—2014 年我国紧固件出口量与总产量情况见表 2-2。

表 2-2　2004—2014 年我国紧固件出口量与总产量情况

年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
总产量（万 t）	340.0	390.0	460.0	525.0	560.0	530.0	620.0	680.0	660.0	680.0	720.0
出口量（万 t）	113.6	124.8	207.1	257.0	269.2	161.2	224.0	258.9	246.4	255.9	280.3
占比（%）	33.4	32.0	45.0	48.9	48.0	30.4	36.1	38.1	37.3	37.6	38.9

由表 2-2 可见，我国紧固件不但出口量大，而且所占比重大，外贸依存度较高。因此，紧固件出口仍是全行业的重头戏。

随着全球经济不断融合，产品进出口贸易不断增长，世界贸易竞争日益激烈，贸易摩擦不断增加，各国贸易保护主义和技术壁垒有所抬头。在对外贸易中，我们要高度关注各国的动向，建立贸易摩擦预警机制，积极做好反倾销和反补贴等工作，运用法律武器保护企业的合法权益。

1. 关于反倾销

反倾销是指对外国商品在本国市场上的倾销所采取的抵制措施。一般是对倾销的外国商品除征收一般进口税外，再增收附加说，使其不能廉价出售，此种附加税称为反倾销税。国外实施贸易保护的主要方式是通过征收高进口关税阻止外国商品的大量进口。

世界贸易组织（WTO）的《反倾销协议》规定，一成员要实施反倾销措施，必须遵守三个条件：首先，确定存在倾销的事实；第二，确定对国内产业造成了实质损害或实质损害的威胁，或对建立国内相关产业造成实质阻碍；第三，确定倾销和损害之间存在因果关系。按照倾销的定义，若产品的出口价格低于正常价格，就会被认为存在倾销。也就是说，WTO 的《反倾销协议》规定对倾销产品征收反倾销税必须符合三个基本条件：倾销存在；损害存在；倾销与损害之间存在因果关系。在这三个条件都具备的情况下，就会出现国际反倾销。

2. 日落复审

所谓“日落复审”，就是在征收产品反倾销税 5 年期满进行的行政复审，又称期满复审。根据世贸组织反倾销协议的规定，任何最终反倾销税，均应自征收之日起，或自涉及对反倾销和损害同时复审的最近一次行政复审之日起 5 年内终止。“日落复审”将决定反倾销是继续生效、延伸和提高税率，还是终止，这就是日落复审程序（sunset review），又称期终复审或期满复审（expiry review）。当复审确认反倾销措施五年届满终止不可能导致倾销和损害的继续或再度发生，反倾销措施到期终止。当复审认定反倾销措施届满五年终止可能导致倾销和损害的继续或再度发生，则在届满五年之日起，采取维持反倾销措施（一般为五年）。

3. 国际贸易摩擦

海关统计专家说，“全球金融危机爆发之后，由于国际市场需求快速萎缩，各国企业都面临着争夺国际、国内市场的双重压力。许多国家为扶持和保护本国产业，防范国际市场萎缩导致的贸易转移，纷纷出台各种贸易保护措施。”中国作为快速崛起大国、世界第二大经济体和世界最大贸易国，近年来的国际贸易摩擦接连不断。

2007 年 11 月，欧盟对中国钢铁紧固件发起的反倾销案就是最典型的案例。在经历了长达 5 年强征 87% 的高税率后，又于 2014 年 1 月发起“日落复审”调查，最终于 2015 年 3 月 27 日公布继续维持征收 54% 的反倾销税，给中国紧固件全行业出口欧盟商品带来巨大的损失。

4. 关于反补贴

反补贴是指一国政府或国际社会为了保护本国经济健康发展，维护公平竞争的秩序，或者为了国际贸易的自由发展，针对补贴行为而采取必要的限制性措施，包括临时措施、承诺征收反补贴税。反补贴的规则依据主要是 WTO 的《补贴与反补贴措施协定》，协定的目的并不是完全禁止任何成员方政府的补贴行

为，而是禁止或不鼓励政府使用那些对其他成员方贸易造成不利影响的补贴。世界贸易组织反补贴协议将补贴分为三种基本类型：禁止性补贴、可诉补贴和不可诉补贴。

反补贴是对进口商品在生产、制造、加工、输出、买卖过程中接受了直接或间接的奖金或补贴，并对进口国已建立的国内产业造成实质损害或者产生实质损害威胁，或者对建立国内产业造成实质阻碍的，进口国可以对该产品进行调查，采取反补贴措施，对该产品按补贴数额征收反补贴税。同反倾销和保障措施一样，反补贴是符合 WTO 规定的贸易救济措施，同时又是一把双刃剑，具有名为反对不公平贸易，实为实施贸易保护的特点，属于合规性贸易壁垒。

2004 年，加拿大对我国出口的碳钢及不锈钢紧固件进行反补贴调查以及五年后的日落复审，就是一个反补贴的典型案例。

至今，我国紧固件行业已遭到了欧盟、美国、加拿大、俄罗斯、墨西哥、南非等国 10 多起反倾销和反补贴调查案，严重阻碍了我国紧固件产品的出口。

5. 当前国际贸易摩擦的特点

当前的国际贸易摩擦形势呈现两个新特点：

（1）正在上台阶；

（2）日趋激烈化。

上台阶是指正在上第三个台阶。第一个台阶是关税壁垒、行政保护措施。世贸组织使所有成员国大大降低了关税，努力取消行政保护措施。这种初级贸易摩擦形式和手段已经大大弱化。第二个台阶是世贸组织允许各成员采取的 3 种合法的贸易保护手段 —— 反倾销、反补贴、保障措施方兴未艾，同时，一些针对中国的特别保障措施以及贸易转移、市场扰乱、市场经济地位等手段和概念也在频频发挥作用。目前，贸易保护措施又上到第三个台阶：技术性贸易壁垒。技术性贸易壁垒摩擦过去曾有，但现在更加广泛化、常规化。在国际贸易竞争中，使用技术性贸易壁垒措施的各种目的和各种贸易壁垒形式交织在一起，使贸易摩擦形势更加复杂化、尖锐化。技术性的贸易壁垒措施是更具名义上的合法性、合理性、巧妙性，是更加冠冕堂皇的贸易壁垒手段。

对可能存在的贸易摩擦和技术性贸易壁垒的必然性、长期性、复杂性要有足够的认识，积极采取应对措施。应该做好以下几点：

（1）加快制度的调整和创新。制度既是引发贸易摩擦的原因也是解决问题的关键。为此，应尽快建立符合 WTO 规则的社会主义市场经济体制，加强与主

要贸易伙伴的协调，争取用磋商的方法解决贸易争端和摩擦。另外，应对主要贸易伙伴新近出现的法律，建立、健全我国的法律防范体系。

（2）把扩大内需作为长期的发展战略。近年来，我国紧固件外贸依存度高达 40%左右，过高的外贸依存度极易引起贸易摩擦。从长远的战略来看，将扩大内需作为确保我国经济可持续增长的战略，既有利于缓解贸易摩擦又有利于避免可能的产业空洞化问题。

（3）建立、健全和完善贸易救济体系。借鉴国外成熟的贸易救济机制，进一步完善中国实施反倾销、反补贴、保障措施、技术性壁垒等法规体系，建立符合国际惯例的贸易救济体系。同时，健全应对贸易摩擦的快速反应机制和敏感的产业损害预警机制，加强对不公平贸易做法的调查和制裁，保护国内产业和企业利益。

（4）建立和完善我国的摩擦、争端解决机制。建立多边救济、区域和双边救济、国内救济等多层次的贸易救济机制，增强适应和应变能力。建立外国贸易政策体系变动预警机制和产业预警机制。建立贸易和投资申诉中心，维护企业合法权益。

（5）我国企业应该通过整合上下游资源打通产业链，实现“中国制造”的升级之路。我国企业要加强出口自律，尽量分散出口目的地，避免一种产品短时间内在同一进口市场大量增加。将投资政策和贸易政策有机结合，推动出口市场多元化，抵消贸易壁垒的不良影响。

（6）注重政治关系对贸易摩擦的解决，利用西方国家的院外民主争取自身的贸易利益和产业、企业利益。企业在遇到国外起诉时，应该与行业协会、政府合作，积极应对和争取自己的合理权益。

（7）注重与美国、欧盟及其他主要贸易伙伴之间的协调，建立制度化的对话和磋商机制，避免单边化和政治化。

（8）加强对各国贸易争端解决机制、谈判策略及相关案例的研究工作，分析各贸易伙伴间的经贸政策及相互间的矛盾为我所用。

（9）培养政府、行业协会和企业的贸易争端解决人才，建立老中青相结合的人才储备机制和用人机制。

第 3 章

中国紧固件制造及装备概述

紧固件虽小，但其功能和作用之大，无处不用。因此紧固件必须具备通用性、互换性、安全性、可靠性，其标准化作业程度高。紧固件产品生产，通常需经过材料改制（拉丝）—成形—热处理—表面处理—检验与挑选—包装入库等生产过程，其产业链较长。

3.1 紧固件用钢的材料改制

材料改制：紧固件材料改制主要是以冷镦、冷挤压（或称冷镦）工艺为主。原材料主要是线材（或称盘条），钢材出厂的材料为热轧状态。由热轧获得的原材料，其外圆尺寸、公差、精度、表面状态均不适合冷镦工艺要求，不能直接使用。热轧材料外圆尺寸误差在高速轧机生产过程中控制在 ±0.10mm 范围内，尺寸公差可能“失圆”或者粗细不均匀，影响通过精密的冷镦模具，表面的氧化皮（尤其是 Fe_4O_3）很薄，颜色为青色，硬度很高，影响冷镦模具的寿命。所以“改制”成“精线”是不可缺少的一道工序。

通过酸洗、拉拔，使线材表面光洁、线径精度高（一般在 0 ～ 0.02mm 之间）、通条均匀性强。拉拔前进行磷化或者挂灰处理，能在表面形成润滑膜，极有利于在冷镦过程中延长模具寿命，有利于冷镦件的变形成形和退料。在拉拔过程中，会使线材的抗拉强度升高，硬度也随之提高，这主要是金属材料的塑性形变中的“鲍辛格”效应所致。不同的材料品种和不同的拉拔压缩比会产生不同的变化，如果拉拔改制后线材的硬度过高，会影响冷成形的性能，造成变形困难，表面开裂的风险加大。为避免这些问题，材料改制过程中要有相应的工序安排，需要合理安排除锈、辗尖、退火、酸洗和拉拔等各个工序。材料改制的基本工艺路线为：

热轧线材（盘条）→热处理、酸洗、除锈、润滑、辗尖→拉拔、检验、打包。

具体可选择：

①除锈（机械除锈）→酸洗、润滑→拉拔。俗称“生料拉”，主要以中低碳钢为主，用于生产外六角螺栓等产品。

②先进炉退火→除锈、剥壳→酸洗、润滑→拉拔。俗称“一拉一退”工艺，主要适用中端冷镦钢，生产螺母、内板拧头型的紧固件等。

③除锈→酸洗、润滑→拉拔→退火→酸洗、润滑→拉拔。俗称“二拉一退”工艺，主要适用于中、低碳冷镦钢，需要调整线径尺寸（拉成细丝），主要制造小尺寸螺钉，要求较高的异型件等。

④退火→除锈→酸洗、润滑→拉拔→再退火除锈→酸洗、润滑→拉拔。俗称“二拉二退”工艺，主要适用于中碳、低合金、合金钢线材。第一次拉拔，超过25% ～ 35% 的压缩比，第二次轻拉，减径尺寸在 0.2‰～ 0.4‰，主要适用于制造生产 10.9、12.9 级的紧固件，法兰面、沉头内六角异型件，以及需要在调质前调整好材料基本组织的冷镦线材。

材料改制过程中，各个工序都与冷镦成品线材的质量相关，关系冷镦成形的成败。改制过程中有“三废”产生，影响环境，这也是紧固件生产中绕不开的课题。

除锈、酸洗：进入酸洗池前一般会安排“剥壳”，针对表面氧化皮较厚的线材，穿过不同位置的滚轮（十字交错、交叉）或者钢丝刷、喷砂等方法清理表面，进入酸洗环节。酸洗也是除去表面氧化皮的最有效方法。酸洗主要用硫酸和盐酸，盐酸可以常温下使用，硫酸则要稀释加温。线材酸洗后要用流水冲洗（冬季最好用温热水冲洗），并且在碱性溶液中进行中和。酸洗环节应减轻酸雾和酸性气体挥发，一般要加配抑雾剂“若丁”等试剂。酸洗车间内的酸洗池应安装吸风装置，循环收集废气，净化处理后再排放。酸洗液及冲淋流水应循环使用，压滤分离杂质，集中固废干燥后，加以运出回收利用，“三废”经过无害化处理后排放，各项指标应符合国家环保规定。

酸洗工序的另一个重要环节是严格执行合理科学的操作规程，控制酸洗液的成分、工作温度以及补充液的添加方法和用量，严禁随意延长时间，以免造成酸液中大量游离态氮原子被钢材中铁基体所吸收，沿着晶格在基体中扩散，损害钢的冷变形性能，给线材和紧固件成品留下“氢脆”的隐患。

润滑及拉拔：酸洗后，拉拔前的润滑主要有三种方式，可以表面磷化皂化处理，可以挂灰处理（石灰乳液浸润后烘干），也有部分连续式拉丝设备可以直接放置拉拔粉或者拉拔试剂。拉拔前的润滑是非常必要的，可以提高拉拔材的表面质量，减少磨损，延长拉丝模寿命，保持稳定的尺寸精度，提高拉丝速度，增加产量。拉拔后，材料表面有一定的防锈层，材料表面剩余的润滑剂在冷镦中起到防止工件与模具间的沾粘。

拉丝盒装置中可以直接放置拉拔粉（或拉拔剂），可在常压条件下使用，或在加压条件下使用。拉拔粉（剂）一般都为商品化产品，可以根据使用条件和出

线速度选择采购。

挂灰浆处理：灰浆由生石灰、石蜡、油脂等进行配置，皂化反应后加水调制成的乳化液，成本较低，效果好。缺点是有粉尘形成，工作环境较差。挂灰形成的润滑膜粘附性强，能耐高温，呈碱性防生锈，带有微末级的颗粒，在冷镦中可在模具与工件之间起到极好的润滑作用。

磷皂化：酸洗后的材料放到磷酸盐浴液内，使钢材表面经过一定的化学反应，生成均匀、多孔、可变形的磷酸盐薄膜，然后涂敷金属皂（中间环节还有水洗、中和、烘干等）。磷皂化后形成的表面润滑膜（皮膜）附着力强，拉拔后的皮膜可以保留 70%，冷镦时可随材料一起变形。磷皂化液由精细化工厂商生产，用户可按不同材质要求选购。按照规定的工艺规程施工，一般都能达到理想的效果。

近年来的研究表明，表面深度磷化的材料，制成的紧固件在调质处理前，没有进行“去磷化”处理，热处理的高强度紧固件存在“磷脆”的断裂风险，制造者要有所防范。一些用于关键部位的紧固件应避免采用磷化工艺，可以采用石灰乳液作拉拔前处理。

经过酸洗和表面润滑处理的材料，就可以进行拉拔。拉拔工艺实际是由粗变细的加工形式，属于塑性变形中的压缩形变。加工过程中线材在拉拔模的约束下，通过拉拔模的一端线径尺寸变小，达到预设的直径尺寸（公差一般为 0 ～ 0.02mm）即达到加工目的。合理选择压缩比、拉拔速度，改善摩擦因数，抵消一部分冷作硬化的因素，控制升温，减少走线的振动，防止拉伤、擦伤，保护好线材的表面质量，都是拉拔工序要关注的要素。

退火工艺：材料改制中，由于钢种、用途的不同，有 60% 的线材要经退火处理，其目的是降低硬度，增加塑性，以及配合拉拔时采用大压缩比后，经球化退火，调整材料的组织状态，细化晶体结构，为冷镦变形和冷镦后紧固件半成品调质处理做好准备，对紧固件成品的综合力学性能的提升有极好的作用。线材改制中的退火一般分两类。一类是软化均匀退火和再结晶退火等，主要是通过加热、保温、冷却改善内部组织的不平衡状态，消除偏析、加工硬化、内应力等，提高对冷镦工艺的适用性。另一类为球化退火（或不完全球化退火），借助相变重结晶达到改变钢材中的珠光体、铁素体、磷化物的状态和分布，达到改变性能，降低硬度，细化晶粒，改善加工性。球化退火工艺对于生产 10.9、12.9 级的高强度紧固件有着非常重要的意义。

退火工序是材料改制过程中的重要环节。要严格执行热处理工艺规程，精确

控制热处理的温度、时间、工作气氛等各项参数，使用精良的设备，精心操作，力求材料的均匀性和表面不脱碳两项指标百分之百达到要求，保证改制后材料的内在质量，是材料改制中的关键工序。

随着制造业技术水平的不断进步和人们环保意识的提升，紧固件材料改制生产环节中也开始采用以下技术和设备。

（1）线材（整卷）抛丸除锈整理机。该设备用于拉拔前表面除锈，替代原有的酸洗工序，整卷线材放在散线架上，自动转至密封的喷砂（抛丸）工作室中，由高速高压气流喷射的铁砂进行清理，经过 8 ～ 12min，处理后的材料表面光亮清洁，完全替代原有的酸洗工序，随后进行常规的润滑磷化被膜处理，就可以直接拉丝。这种以物理方法除锈的工艺消除了酸洗产生酸雾、酸性废液等问题，工作效率高，施工环境好，环保效果好，节约了可观的环保处理投资和维护费用。这种工艺的不足是喷丸除锈的材料表面硬度略有升高，后序的磷化处理要相应改进以增强附着力。对中、低碳线材的清理效果优于合金钢线材。德国引进的两套装置已在浙江省某企业投入使用。

（2）退火工序的热处理设备与国外同行相比，有一定差距。国内紧固件行业 80% 以上沿用井式退火炉，以欧美为代表（尤其是汽车、航天紧固件制造企业）的典型工厂采用的以氢气为保护气氛的钟罩炉作为球化退火的主要设备。与井式退火炉相比，具有如下优点：氢气的热传导比是氮气（包括氮基保护气体）的 7 倍，有利于提高热传播效率；采用变频直水冷大功率电机，炉底安装风叶，形成强对流气流，能实现每 2s 更换一次（循环）炉内气体，温度控制精度高，装炉容量大，整组设备中配有独立的加热罩和保温（冷却）罩，有效提高生产效率。使用氢气作保护气氛，属中性气氛，不会发生脱碳和增碳现象，保温阶段温控可小于 10℃，均匀度高，退火后的材料通条性能均匀，力学性能一致，可以作为汽车、航空用紧固件原料的选择，近年已被韩国、日本等同行采用。河北省有 1 套同类装置已投入运转。

（3）自动酸洗处理生产线。尽管线材改制对后期紧固件产品的内在质量起到关键作用，但酸洗生产线仍是工厂中最为薄弱的环节，要求改变的愿望强烈，这种情况已有所突破。浙江宁波地区已有企业引进国际先进水平的全自动酸洗生产线，全程电脑控制，全封闭操作，彻底改善了酸雾弥漫的作业条件，设备自动全程监控管理，废液净化、三废处理全系统监控自动记录，保证达标排放。在紧固件产业集聚区统筹建立环保、节能安全、自动可靠及低故障的自动酸洗生产线，

可以说是紧固件行业中的绝对改革性的飞跃，应加速推广。

3.2 紧固件产品成形及装备

紧固件产品规格品种众多，生产方式方法各不相同。从 20 世纪初开始，冷镦工艺诞生并迅速普及，成为主要生产方式。这种工艺是一种优质、高效、低成本的精密塑性成形工艺，具有切屑加工无可比拟的优点，如制件尺寸精度高、力学性能好、材料利用率高、便于大批量自动化生产等，因此在紧固件行业中逐步推广。到目前为止，全球紧固件 90% 以上是由冷镦工艺生产的。我国从 20 世纪 50 年代末开始采用冷镦生产工艺，现在采用冷镦工艺生产的紧固件也已达到 90% 以上，其生产水平达到国际中上水平。

冷镦工艺是一种少无切屑压力加工工艺，自动冷镦机具有高度自动化、高效率的特性，特别适应于紧固件的大批量、成规模生产，从而得到形状复杂、强度高、表面质量及尺寸精度较高的成形紧固件。

由于紧固件冷镦工艺和设备涉及范围和内容繁杂、丰富。本节仅从紧固件的典型产品 —— 螺栓和螺母的冷镦生产作一简单介绍。

3.2.1 紧固件成形制造工艺

紧固件成形制造工艺通常按加工温度可分为冷镦、温镦和热镦三种。

1. 冷镦

冷镦是少无切屑金属压力加工工艺。是一种利用金属在外力作用下所产生的塑性变形，并借助于模具使金属体积作重新分布及转移，从而形成所需要的零件或毛坯形状。即在室温下，将坯料置于上、下模之间并施加一定压力，使坯料产生轴向压缩，径向扩展成预定的形状，这种压力加工方法称冷镦。

优点：精度高，镦后可获得合理的金属流线，其组织和力学性能均得到改善和提高，材料利用率高，是少无切屑加工工艺的发展方向。

缺点：镦锻力大，对材料前处理要求较高。

冷镦工艺最适宜于批量生产螺栓、螺钉、螺母、铆钉等紧固件。

（1）螺栓、螺钉冷镦工艺

冷镦时的镦锻次数可能是 1 次，也可能是多次。镦锻次数的确定，应考虑：

①形成头部所需坯料长度与直径的比值 S（镦锻比）。S 值过大，一次镦锻易引起纵向弯曲，就必须分两次或更多次数进行镦锻。一般按生产经验：当 $h_o/d_o \leqslant 2.5$ 时，镦锻 1 次；当 $2.5 < h_o/d_o \leqslant 4.5$ 时，镦锻 2 次；当 $4.5 < h_o/d_o \leqslant 6.5$

时，镦锻 3 次。

必须注意：当选择上极限时，必须保证切料毛坯端面平整、端面与料轴线有较好的垂直度，镦锻时有良好的润滑。若镦锻条件较差，上述数据则降低 30% 来决定镦锻次数。

②有些工件头部直径 d 大而厚度 h 小时，用料并不多，这时 S 值并不大，但一次镦锻可能造成工件边缘开裂，就应考虑增加镦锻次数。

③当工件表面粗糙度要求高时，头形复杂应增加镦锻次数，一方面要考虑模具寿命，另一方面为了确保产品质量。

（2）冷镦螺栓、螺钉设备

国内外紧固件厂螺栓、螺钉生产设备大致有以下几种：

①单击自动冷镦机：适用于机螺钉、铆钉、铁钉和钢球等头部变形量小的产品。

②双击自动冷镦机：适用于普通六角螺栓、螺钉等头部变形量比单击大的产品。

③三工位自动冷镦机：头部用料的长径比比双击大，头部变形量较大的产品。

④四工位自动冷镦机：可实现锻挤结合的大料小变形工艺，适合头部变形量大的产品。

⑤五工位自动冷镦机及六工位、八工位自动冷镦机：可实现锻挤结合的变形工艺，适合异形复杂产品。

⑥二模二冲自动冷镦机：适用于镦制异形件、带法兰盘头零件和内六角螺钉。

⑦二模三冲自动冷镦机：适用于镦制头型复杂的异形件。

1）单击自动冷镦机的工艺。利用单击冷镦工艺可生产头形比较简单的、表面粗糙度要求不高的木螺钉、机螺钉、铆钉和钢球等标准件。其镦锻一次成形，成品工件及模具结构简图如图 3-1 所示。

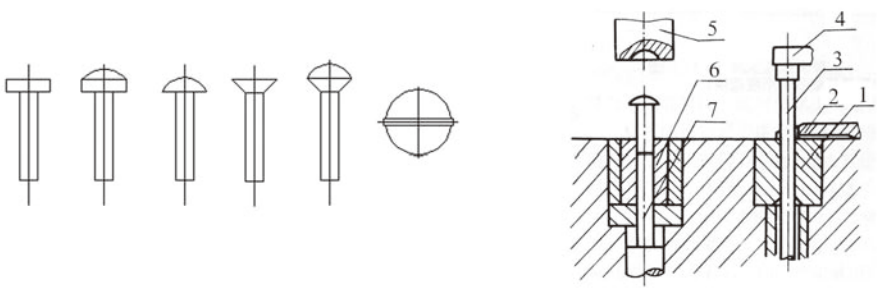


图 3-1　单击冷镦工艺模具结构简图

1—切料凹模　2—切刀　3—线材　4—挡料器　5—上冲头　6—凹模　7—顶杆

工作过程：线材 3 由滚丝轮送入、抵住挡料块 4，由切料凹模 1 和切料刀板进行切料并送至镦锻中心，由上冲头 5 及镦锻凹模 6 完成镦锻动作后，由顶杆 7 顶出工件，完成一个工作循环。

2）双击自动冷镦机的工艺。双击冷镦工艺应用范围比较广，一般头部形状的杆类工件，只要镦锻比在 4.5 以下，就可采用双击工艺加工。双击冷镦工艺模具结构简图如图 3-2 所示。

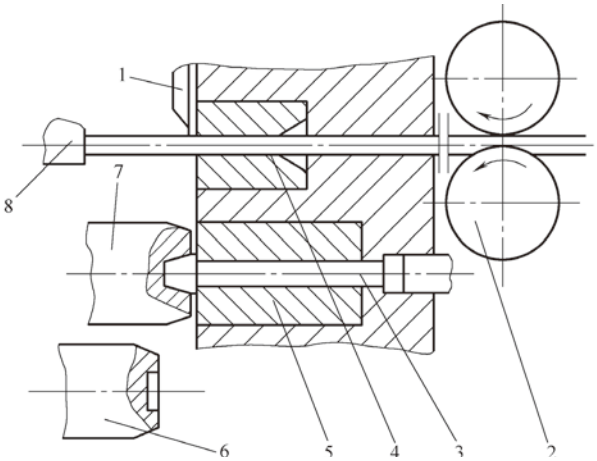


图 3-2　双击冷镦工艺模具结构简图

1—切刀　2—送料轮　3—顶杆　4—切料凹模　5—凹模　6—冲模　7—初冲模　8—挡料器

工作过程：送料轮 2 把线材送入模箱内的切料凹模 4，挡料器 8 可调节坯料长度。切刀 1 将线材按预定长度切断并送至镦锻中心，初冲模 7 与凹模 5 配合初镦锥形头部，然后精镦成形冲模 6 上升至镦锻中心（由升降机构将初、精镦模换位），在滑块第二次行程中完成头部镦锻，然后由顶杆 3 将工件顶出。一些铆钉、焊钉、机螺钉、木螺钉等经精镦后即告完成，但六角螺栓、方头螺栓还需采用切边工艺。

①初镦（预冲）。双击冷镦工艺的第一道工序是预锻，其目的是使材料获得并保持没有急剧弯曲和折叠的连续的金属流线。若初镦的形状设计正确，则金属流线沿着工件的外形流动，使工件具有连续的金属流线，改善工件的质量。因此初镦锥形对工件的最后成形和工件质量起着决定性的作用。预镦减小了镦锻比，为后续的精镦提供了方便。

②精镦。

a）精镦工艺。在双击冷镦机上直接镦制六角头或方头螺栓比较困难。一般均在初镦后精镦出端面带有 30° 倒角、中间略有飞边、厚度为螺栓头部高、直径比六角或方头对角略大的圆柱体，然后在切边机上切出六角、方头。图 3-3 所示为精镦镦制圆柱体结构图。

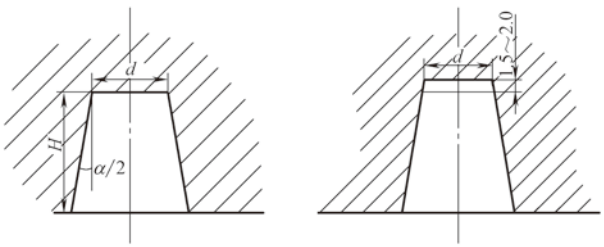


图 3-3　精镦镦制圆柱体结构图

圆柱体直径约：

$d_{六角}=1.155S_{六角}$

$d_{方头}=1.414S_{方头}$

式中 S—— 六角（或方头）螺栓的对边尺寸。

生产六角头螺栓可选用两种线材直径，即两种工艺：细梗工艺和粗梗工艺。

细梗工艺的线材近似螺纹中径尺寸；粗梗工艺的线材取近似螺杆部分尺寸，但须缩径。两种工艺的线材示意图见图 3-4。

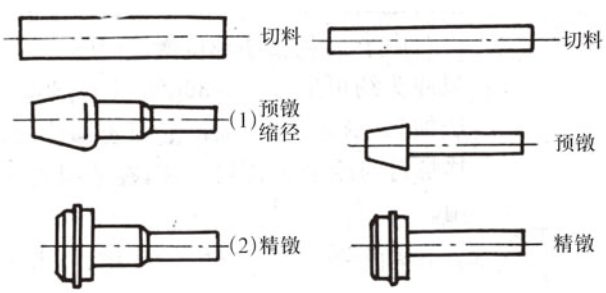


图 3-4　细梗工艺与粗梗工艺

b）镦锻凹模。镦锻凹模在镦锻时承受很大的冲击力和内压力，因此它要具有一定的强度和耐磨性；模孔要平行其外径圆柱面，模孔轴线与端面要垂直；模孔表面粗糙度数值小，否则工件杆部表面将出现各种丝缕，使杆部拉毛，严重时造成顶料杆的压力过大，将顶料杆折断。

单、双击冷镦机的镦锻凹模主要分开式凹模和整式凹模两类。杆部特长工件可采用开式凹模镦锻。开式凹模通常由两块正方形组成。图 3-5 所示为几种常见的凹模形腔结构。

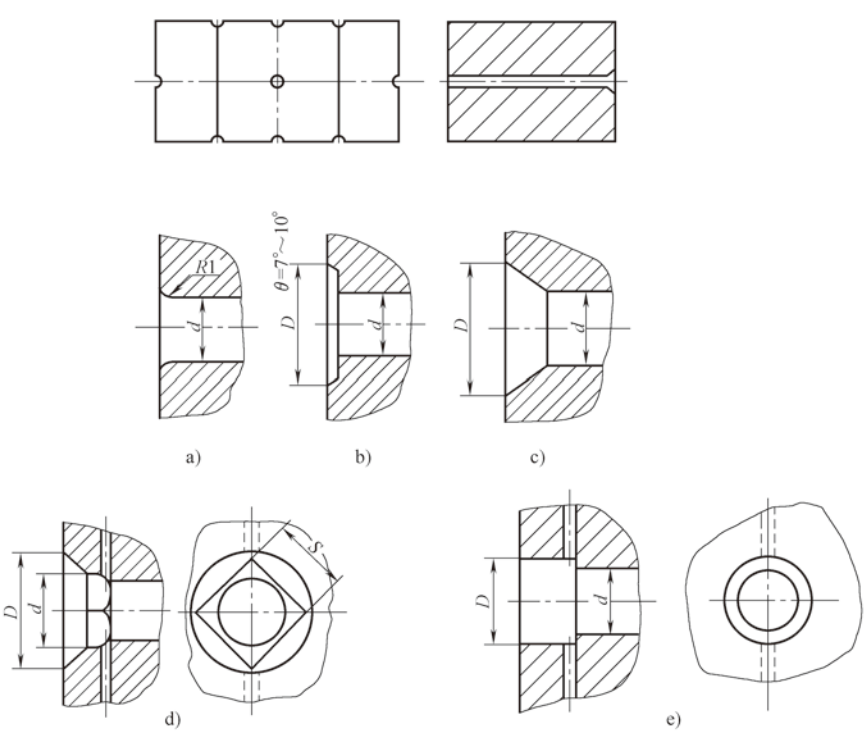


图 3-5　常见的凹模形腔结构

当镦制的工件是半圆头螺钉时，头形是在上冲模内成形的；当镦制的工件是铆钉，头形是自由成形的，那么凹模只需制出合适杆部尺寸的模孔（如图 3-5a）。

沉头、切六角头形、方颈、带榫螺钉等头形是在整式凹模内成形的，则需按不同头形在凹模中制出沉孔。如果工件不需进行缩径，凹模长度只要大于工件杆部长度适当尺寸即可。镦锻的工件长度可依靠调整顶料杆的工作行程及模垫的长度获得。如果工件要进行缩径，则凹模长度必须严格按照工件长度配装。

图 3-5a 为直模孔的凹模，模口仅有过渡圆角。图 3-5b 为带凹座的凹模，用于切边六角螺栓工艺，或多工位冷墩六角螺栓切边工艺的二序。坯料头部被镦成扁圆柱形。模口 θ 角取 7°～10°。图 3-5c 为沉头模腔凹模，用于镦锻沉头螺钉开式凹模和沉头铆钉。图 3-5d 为带方颈的凹模，可用来镦锻带有方颈的螺钉。图 3-5e 为台阶形凹模，用来镦锻有圆柱形头部的工件。

在镦锻带有圆柱形或方颈等工件时，在模腔内残留的空气将形成高压压缩空气区，使金属不能完全充满模腔，镦出的工件会造成混角不清等缺陷。因此，必须在凹模的形腔内的台阶处做出排气孔，如图 3-5d、e 所示，以便于空气和杂质排出。

3）三工位自动冷镦机的工艺。在双击冷镦机上直接镦制六角头或方头螺栓比较困难，这不是因为镦锻比较大，主要在于棱角难以充满。所以如图 3-4 所示的工艺（细梗、粗梗工艺）目前大多在三工位自动冷镦机上生产。图 3-6 所示为三工位六角头螺栓切边工艺模具结构图。

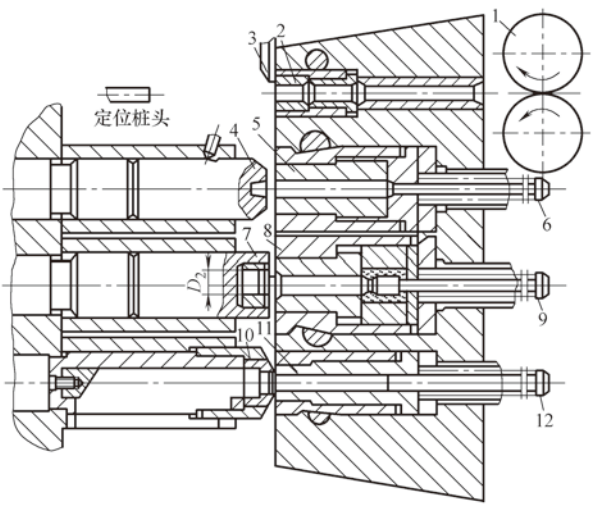


图 3-6　三工位六角头螺栓切边工艺模具结构

1—送料辊轮　2—切料组合模　3—切料刀片　4—一序上冲模
5—一序顶镦模　6—一序顶料杆　7—二序上冲模　8—二序顶镦组合模
9—二序顶料杆　10—三序切边模　11—三序切边下模　12—三序顶料杆

4）四工位自动冷镦机的工艺。

①参照三工位模具的工艺过程，仅在中间工位增加一道缩径。

②二次缩径工艺（大料小变形工艺）：在四工位自动冷镦机上可采用二次缩径工艺生产六角头螺栓，可分为切六角工艺和无废屑镦挤工艺。采用大料小变形

二次缩径工艺加工的螺栓不仅强度高，而且头、杆、螺纹各部分的强度比较均匀，结合强度好，不易脱头。

二次缩径特点：线材直径 d_0 取得较大（比螺杆部大 10% ～ 15%），所以镦锻比小。在镦挤成形工艺中第二序开始，在杆端均挤出倒角，对模具和切料精度均有所提高。二次缩径可使螺栓头杆部的强度差减小，在螺栓全长上基本上达到等强度。

5）五工位（及大于五工位）自动冷镦机的异形、非标件的镦挤结合工艺。

当镦制带有大法兰边的大头细杆类零件、带台阶的六角头螺栓或头部为非对称的零件，称为非标或异形件。这类工件若采用镦、挤相结合的多工位成形工艺，可获较好的经济效果。若镦锻比较大，易产生纵向弯曲，杆与法兰交界处因塑性变形程度发生急剧变化，法兰边缘易发生破裂、头杆部易产生断头现象。若采用适当放大线材直径、镦挤结合的方法加工可获良好的效果。这种工艺和设备生产的产品已涉及零件范畴，是紧固件生产的延伸。

①冷镦园柱头内六角螺钉工艺和模具。内六角螺钉的内六角孔，要反复承受扳手的作用力，因此要具备一定的强度和硬度，必须采用 35 钢、45 钢、合金钢来制作，成品必须经热处理后才能达到技术要求。

采用上述钢种对冷镦工艺，特别是不经退火镦挤内六角孔，是有一定困难的，因此要把住拉丝冷拔这道关。要在最后一道冷拔前需经 780 ～ 820℃退火处理，退火后心部硬度小于 HRB80，检查其金相组织应为球状珠光体 + 铁素体，晶粒度为 5 ～ 6 级。

②内六角螺钉冷镦工艺。冷镦内六角螺钉的特点是镦锻比虽不大，但头部的几何形状复杂，采用中碳钢或合金钢作为原料，其强度要比碳钢高得多，冷镦变形又分为正、反挤工艺。三工位工艺变形及产品示意图如图 3-7 所示。

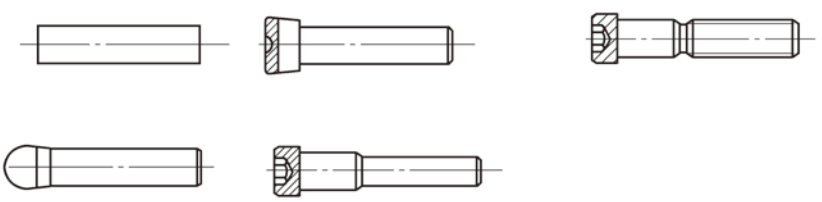


图 3-7　三工位工艺变形及产品示意图

三工位成形，即在切料后，经镦球、压六方、冲孔三道工序完成一个螺母半成品，再经攻丝机攻丝后，形成一个完整的产品，材料利用率约为

75% ～ 80%。三工位工艺流程见图 3-8。三工位螺母自动冷镦机模具结构图见图 3-9。

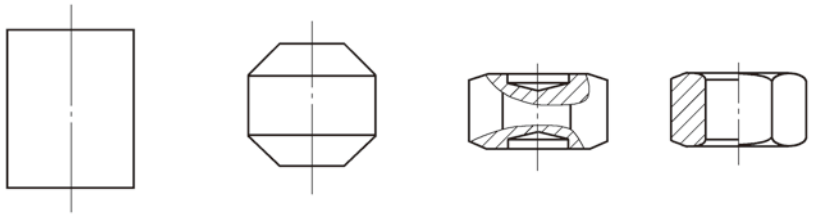


图 3-8　三工位工艺流程示意图

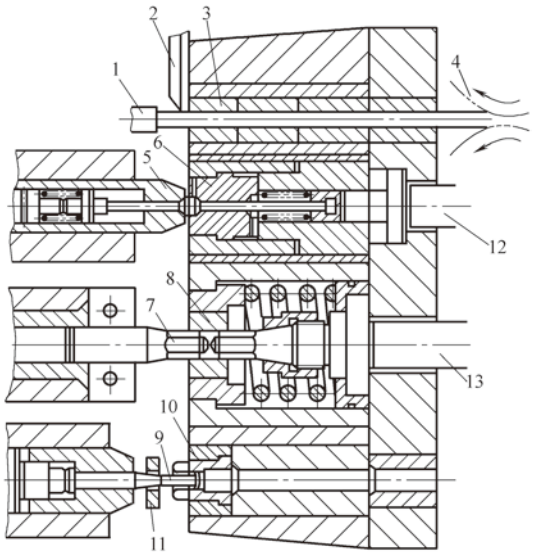


图 3-9　三工位螺母自动冷镦机模具结构图

1—挡料块　2—切料刀片　3—切料模　4—送料轮　5—压球上冲　6—压球下模
7—压角上冲模　8—压角下模　9—冲孔冲针　10—冲孔下模　11—退料板　12、13—顶料杆

四工位工艺流程示意图如图 3-10 所示。四工位螺母自动冷镦机模具结构图如图 3-11 所示。

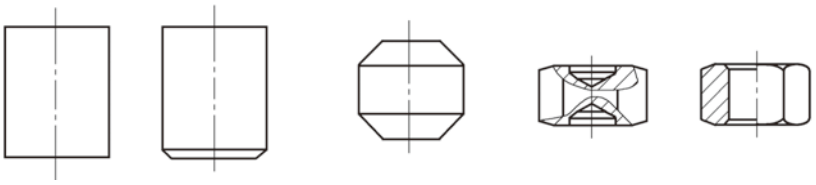


图 3-10　四工位工艺流程示意图

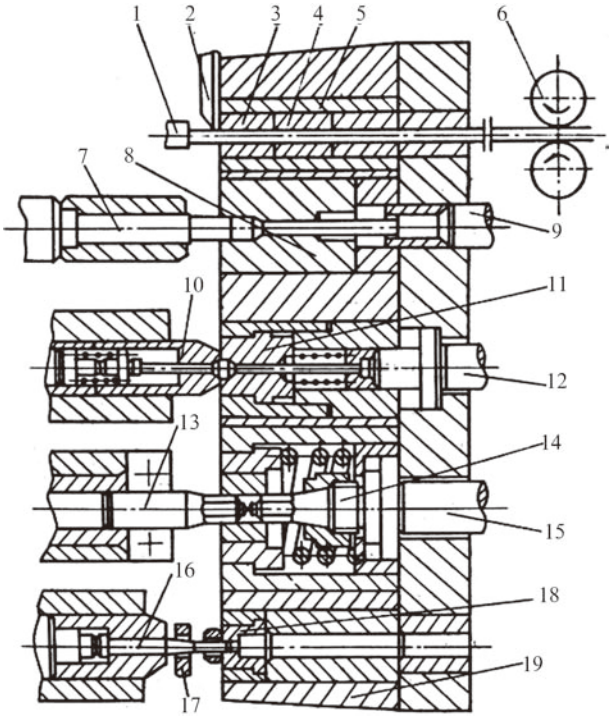


图 3-11　四工位螺母自动冷镦机模具结构图

1—挡料块　2—切料刀片　3—切料凹模　4—垫套　5—模套　6—送料轮
7—一序上冲　8—一序下模　9—一序顶针　10—二序上冲模组合
11—二序下模组合　12—二序顶针　13—三序上冲　14—三序下模组合
15—- 三序顶杆　16—四序冲针　17—挡料板　18—冲孔下模　19—下模箱

五工位螺母自动冷镦机模具结构图及产品冷墩示意图如图 3-12 所示。

五工位冷镦的特点：一工位至四工位之间需三把翻转夹钳；四工位至五工位工件不必翻转。除整形、冲孔工序外，三道成形模都采用六方半封闭凹模并用垫块垫死。螺母两端的 30° 倒角均在凹模中成形。一工序到三工序上下冲头端面具有不同的斜度，特别是第三工序。为防止螺母 S 面膨胀，采用反冲孔工艺。

需要注意的是，大料小变形工艺坯料直径选得过大，不但对切料质量、切料力有影响，更重要的是，坯料直径过大，则变形程度 ε 减小，尽管经过多次镦挤，切料时的剪切痕迹仍不能消除，影响螺母两端面光洁度，所以坯料 d_0 取 $0.9S$ 左右为好。

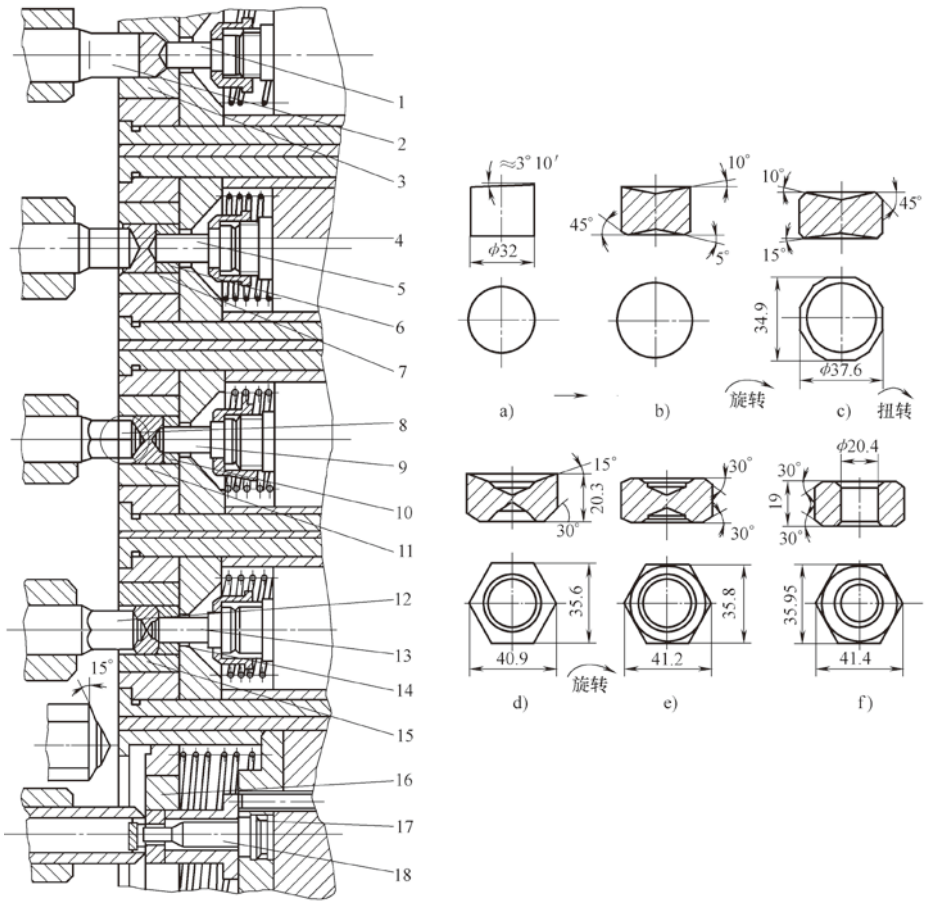


图 3-12　五工位螺母自动冷镦机模具结构图及产品冷镦示意图

a）切料　b）整形　c）初镦混六方　d）预成形　e）精镦六方　f）冲孔

2. 温镦

将材料加热到再结晶温度（相变点，上限约 600℃）以下进行压力加工的方法，称温镦。

优点：镦锻力比冷镦降低 25%，成品精度与冷镦件相似，成品基本无氧化皮，模具寿命比冷镦提高了许多倍。

缺点：控制温度要精确。温度过高有些金属会出现蓝脆，温度过低会影响充盈，并要合理选择润滑剂。

3. 热镦

将金属材料加热到固相线以下（150 ～ 250℃）置于模具内，在压力作用下

产生塑性变形，获得所需的形状和尺寸，这种加工方法称热镦。

优点：成形性能好，锻造力小，只要掌握可镦锻温度即适用于各种材料成形加工。

缺点：加热温度较高，易产生氧化皮，氧化皮夹杂影响成品质量，成品精度不高，机加工余量大。

温镦和热镦也是常见的生产工艺，由于其对原材料要求较低，设备较简单，投资较少，操作较简便。对产品变形大或大于 20mm 以上大规格产品及非标异型件，采纳该工艺较多。

其主要生产设备包括冲床、油压机、中频加热器，以及简易的切屑加工设备。

3.2.2 紧固件螺纹加工工艺

1. 外螺纹形成工艺及丝坯直径的计算

紧固件螺栓、螺钉、螺柱等的外螺纹加工，由于其批量大，绝大部分采用滚压加工。

（1）螺纹滚压原理

滚压是某些金属材料的坯件受到具有一定截面形状的滚压工具轧制而产生塑性变形，从而形成与滚压工具截面形状相似的工艺方法。滚压螺纹是一种无切屑加工方法，对螺杆坯料直径在常温下进行滚压加工，是一种冷挤压工艺。滚压螺纹的过程，实质是坯件金属重新分配的过程。目前国内外生产外螺纹紧固件均采用滚压工艺。

（2）滚压螺纹的特点

由于螺纹滚压成形（牙形）是由挤压工具（模具）强制进行的，滚压加工硬化使应力集中的牙底硬度增高；牙型表面光洁；残留的压应力使疲劳强度比切屑螺纹增高 30% ～ 100%（45 钢滚压后能提高 40% ～ 60%，高合金钢能提高 60% ～ 100%），经过热处理后再进行滚压成形疲劳强度有更大的提高；牙型的齿廓外缘具有较高的显微硬度，提高齿面的抗磨损力；滚压后的螺纹金属纤维具有连续性，静态情况的抗拉强度比切屑螺纹提高 20% ～ 30%；工件加工尺寸误差小，精度高，生产率高，易形成自动化适用于大批量生产。

（3）螺纹滚压工艺方法

1）搓丝板滚压法

特点：直线往复运动。搓丝板滚压法示意图见图 3-13。

用成对的模具（即图 3-13 所示中的搓丝板，动块 4、静块 1）搓制螺纹。动

块相对静块前进时带着螺坯 3 边滚动边前进，边完成搓丝，成品下落，然后动块后退，进料杆 2 将新的螺坯送入，进行下一个搓丝过程。由于搓丝板已商品化，搓丝机也不复杂，并能跟随上道工序的磨损尺寸进行可靠的调整，以此搓制出合格的产品。

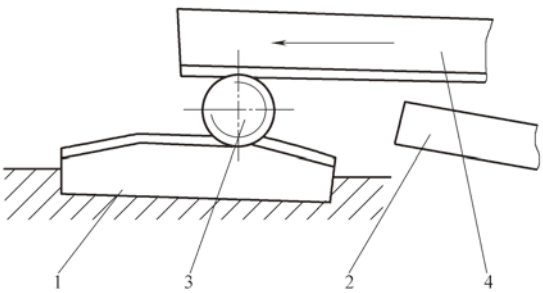


图 3-13　搓丝板滚压法

1—搓丝板（静块）　2—进料杆　3—螺坯　4—搓丝板（动块）

动块、静块长度不相同，静块长约为 $6\pi d_2 \sim 7\pi d_2$（d_2 是螺坯直径），动块比静块长约（1 ～ 1.5）πd_2，这样可使搓丝板在行程终了时，工件得到放松落下，不至于滑块在回程时将螺栓带回而损坏机件。搓丝板分为压入部分、校正部分、退出部分。

缺点：搓丝板滚压出的工件精度低于滚丝模滚压出的工件；加工高强度螺纹，搓丝板寿命显著下降。

Z25 型自动搓丝机的型号规格有以下几种：Z25-4、Z25-6 、Z25-12、Z25-20、Z25-24，型号中横线后的数字代表可搓制的最大螺纹直径。

2）圆滚模滚压法

特点：滚丝轮旋转进行加工，坯件水平放置。

如图 3-14 所示，圆滚模 1 定轴转动，圆滚模 4 边转动边进给或后退，圆滚模后退时由托板 3 托住工件，手工将工件放入后，圆滚模进给即能完成螺纹的滚压。用滚模滚压出的螺纹精度高，表面粗糙度好，特别适用于高强度螺纹或大规格螺纹生产。但加工速度慢，生产效率低。

用滚丝轮滚压螺纹时，工件中心与滚丝轮中心的相互位置，由工件的材料和螺纹精度而定。若工件的中心高于滚丝轮中心，工件有被向上挤出的趋势，反之则因滚动压力的作用，使工件紧压在托板上而造成螺纹牙顶挤坏。正确放置的高

度是产品中心略低于滚丝轮中心（高度差通常为 0.2 ～ 0.3mm）。

Z28 型滚丝机型号规格有以下几种：Z28-12、Z28-40、Z28-75、Z28-80、Z28-100。型号中横线后的数字有的表示滚制最大螺纹直径，也有的表示滚压吨位。

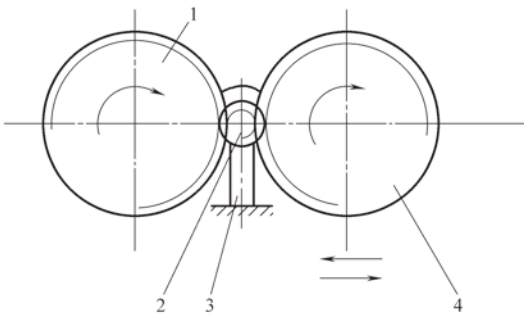


图 3-14　圆滚模滚压法

1—圆滚模（定轴转动）　2—工件　3—托架　4—圆滚模（进给）

3）行星滚压法

如图 3-15 所示，圆滚模 4 主动连续旋转，弧形滚模 3 固定不动，螺坯 2 由进料杆 1 连续不断地送进，完成滚压螺纹。由于圆滚模 4 没有搓丝板滚压法那样有复位空行程，所以生产率高。缺点是弧形滚模 3 加工精度不易达到（主要是热处理变形），所以在应用上受到限制。

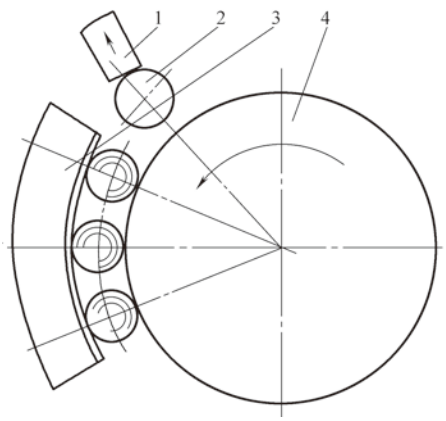


图 3-15　行星滚压法

1—进料杆　2—螺坯　3—弧形滚模　4—圆滚模

4）串滚压法

一对圆圈螺纹的圆滚模都作定轴转动，但两定轴不平行，互相倾斜一个所需滚压螺纹的螺纹升角。螺坯在托板的定位下自动或手工排列后由后向前连续进给，完成螺纹的滚压。该滚压工艺方式仅适用于滚压全螺纹螺柱和无头螺钉（如紧定螺钉等）。

2. 内螺纹加工工艺

螺母的内螺纹加工（攻螺纹）是螺母最重要的工序之一，攻螺纹后内螺纹的质量直接反映到联接件的质量。一般情况下内螺纹加工比外螺纹复杂，因外螺纹加工时直观、润滑冷却条件较好且出屑方便，而内螺纹在加工时条件恶劣得多。

内螺纹加工方法很多，有切屑加工、旋风切屑、采用丝锥攻制内螺纹等。对大批量生产来说，攻螺纹是一种最经济、最有效的加工方法。采用设备常有立式单轴攻丝机、立式多轴攻丝机、卧式双轴自动攻丝机、卧式四轴自动攻丝机等。

在传统攻螺纹工艺基础上，推出一种新的内螺纹加工方法。即利用金属的塑性变形，用挤压丝锥来挤出内螺纹。挤压出的内螺纹因其金属流线未切断，且在螺纹表面形成加工硬化层，从而提高了螺纹的强度和耐磨性。挤出的螺纹表面光洁，适用于强度较低、塑性较好的材料。

攻螺纹过程本质上是金属切屑过程。螺母内孔中的部分金属在与成形刀具（丝锥）产生相对运动时被丝锥切屑刃切去，而形成所需的螺纹。

内螺纹加工的方法很多，常见的有车削、攻螺纹、挤压、旋风切屑等。

3. 高强度螺母攻螺纹工艺

高强度螺母是指螺母能承受 800N/mm^2 以上的保证载荷。对于规格不大于 M16、性能等级为 8 级的螺母，若采取冷镦加工，因冷加工后的冷作硬化作用，可不经热处理，直接对螺坯进行攻螺纹。攻螺纹方法与普通强度螺母相同。但若采用热镦加工，则必须经热处理。对于规格大于 M16 的 8 级螺母，以及性能等级大于 8 级的所有规格的螺母，不论采用何种加工方法，均须进行热处理——调质处理，才能保证螺母的力学性能。

螺母经热处理后，不可避免地会出现变形，在热处理时产生的热应力的作用下，使螺母内孔变得不规则（若用光滑塞规检查，会发生通规不通或止规不止现象）。对于小规格螺母（≤ M10），因热处理变形相对不大，可先攻螺纹再热处理；但对于规格＞ M10 的高强度螺母，一般不采用攻螺纹后再热处理工艺，因为规格越大其内孔的变形就越大，单靠热处理来控制则较难，所以采用螺坯先热

处理、后铰孔（对内孔修正，消除因热处理产生的影响），再进行攻螺纹。

对规格＞ M10 的高强度螺母，可采取以下措施：

①丝锥受力大，为保证切屑刃强度，须采用硬度高、强韧性较好的高速钢丝锥（或采用表面经渗氮或经镀钛处理的丝锥）。

②前角宜小，以保证刃口强度；主偏角也应小，以减少进给量。

③因切屑力提高，切屑产生的温度也较高，切屑速度应适当降低。

④采用冷却和润滑性能好的攻螺纹润滑液。

3.3 紧固件产品热处理

3.3.1 紧固件产品热处理

当今我国已成为世界的制造大国，作为制造业基础的机械通用零件如紧固件、弹簧、链条链轮、齿轮及传动装置、轴承等典型基础件的生产应用都得到了飞速发展。2014 年紧固件的生产量就达到 720 万 t。这些紧固件是制造业中应用范围最广、产量最大的零件，为了适应现代高效率、低成本、低消耗的生产要求，绝大多数都采用少或无切屑，以高速精密冷镦成形技术制造而形成。为了保证零件的最佳力学性能和使用寿命，绝大多数紧固件都要求经过热处理。如 8.8 级以上高强度螺栓（按抗拉强度分为 8.8、9.8、10.9 和 12.9 级等）螺母和自攻螺钉、弹簧垫圈等零件无不需要热处理。

为了适应现代零件对无氧化、无脱碳保护气氛热处理和控制气氛渗碳、碳氮共渗，热处理时渗层碳浓度及均匀性更精确的要求，近年来在热处理设备和工艺技术上特别是控制气氛技术上都有了长足的进步与发展。

目前紧固件热处理装备应用最多的是无炉罐连续式网带炉生产线，因为它生产效率高、能耗低、产品质量好、自动化程度高、环境污染少，且可配用各种可控气氛。以台资企业生产的无炉罐网带炉为例，单炉的热处理产量为 200kg/h（调质）、750kg/h、1 000kg/h 直至 2 500kg/h，规格齐全。这种设备除调质外还适合 0.3mm 以下浅层渗碳和碳氮共渗等化学热处理工艺。主炉（淬火炉和回火炉）加热方式可采用电加热或天然气及液化石油气辐射管内燃烧加热。全线从自动上料、前清洗（包括油水分离）、淬火（渗碳）炉加热、淬火槽淬火、节油机（淬火油回收）、后清洗（含油水分离）、回火（可选用放热式 DX 气体保护或氧化发黑）、染黑、烘干到上油、下料等过程，均可全自动化生产。整条生产线调质处理高强度螺栓电能单耗约为 400 ～ 450（kW·h）/t。此外，还可配装上料称重、

振动布料、超声波清洗机组、回火冷却槽、回火旁出料机构等，可增加生产效能。前清洗还可满足汽车高强度螺栓对去除工件表面磷化层的要求。淬火后可加装二次冷水（5 ～ 10℃）浸洗以消除淬火后残留奥氏体量。生产线采用计算机及 PLC 可满足工艺程序控制、工艺资料储存、热处理参数和过程记录监控及设备故障报警等功能。

对热处理变形有较严格要求的大规格、大直径高强度螺栓多选用箱式多用炉；要求有较大渗碳层的汽车零件热处理依据规格产量情况不同而选用箱式多用炉或连续式推杆（或辊轴式）炉等生产线进行生产。

网带式热处理炉多为甲醇滴注式气氛、氮－甲醇气氛和吸热式气氛（还用于箱式多用炉和球化退火炉）等，而放热式气氛只用于回火炉。

3.3.2 紧固件热处理炉常用的保护气氛

1. 发生炉制备的吸热式气氛

吸热式气氛 20 世纪 40 年代在美国已经开始应用，代号为 302（淡型）和 301（浓型），日本代号为 RX。我国从 20 世纪 50 年代末和 60 年代初开始研制和引进这种技术，当时我国的天然气和石油资源未得到较好开发，整个工业技术基础薄弱，致使这种气氛的开发应用一直滞后，直到现在应用所占比例依然偏小。由于其气氛组分稳定，控制精度高，污染小且大量应用，制气成本不高（甚至比滴注式或氮－甲醇气氛更便宜），目前依然在欧美得到广泛应用，随着我国天然气大规模开发和输送管道的普及，其发展前景广阔。

常用于制备 RX 的气源为天然气、液化石油气（LPG）丙烷和丁烷（要求气体含硫量少和纯度高），用上述碳氢化合物与一定比例的空气预先混合后，以一定的流速通过装有镍触媒的反应器并在 1 050℃的高温条件下进行化学反应。

改变原料气（天然气、丙烷、丁烷）和空气的输入比例，可以方便地改变炉气组分和炉气碳势，通过检测元件（传感器）来检测炉气中待测组分的分压（所占体积分数），一般检测低含量的组分，因为它们对炉气碳势的控制比较敏感。如用露点仪来测量水汽含量，用 CO_2 红外仪来检测炉气中的 CO_2 含量，用二氧化锆（ZrO_2）氧探头来检测炉气中的极微量的氧分压（用氧毫伏 mv 来表示）。有时往往在碳控表上转化为露点值来表示显得更为直观，如在 RX 发生器及退火炉上用露点值来表示氧探头所测值。

炉气碳势的微量调节往往不是用改变混合器的比例值来实现的，而是用一个微调小流量的支管改变通入原料气量或者改变通入空气量来增加或减少炉气碳

势，这种二次碳势调节可以通过手动微调流量计的阀门大小，并结合电磁阀（执行机构）接受碳控仪的反馈信号执行通断指令，使测量值尽快回归到设定值上，达到碳势自动控制的目的。

吸热式气体发生装置是一种传统成熟装置，半个世纪以来，变化不大。但近年来也有进步，主要是气氛检测手段更为精确完善，发生器结构上也有改进。如德国 IPSEN 公司 2002 年开发了 G-60-GR 型特殊开关的吸热式（RX）气氛发生器，以节约燃料并使气体品质恒定。日本 DOWA 公司推出 SF-200-EN 型 RX 发生器，有 4 种规格，产气量从 7 ～ 14m^3/h 直至 56 ～ 112m^3/h，它声称是一种划时代的发生器，供气稳定，采用双通路反应罐，特殊加热机构和离心式专用无脉冲鼓风机，其特点是几乎无炭黑（6 个月内无须烧炭黑），容易调节发生气组分，调节范围宽广，如以丁烷为原料，其制备的 RX 发生气含 $H_2$31.3%、CO_2 0.18%、CH_4 0.04%，露点 -4.5℃。

2. 甲醇滴注式气氛

滴注式气氛的优点是设备简单，使用方便，因近代石油危机而开发推广。由于甲醇价格昂贵，我国西气东输（天然气）的结果以及氮 - 甲醇气氛和直生式气氛的应用日益广泛，纯滴注式气氛的应用势必受到影响。

应用甲醇气氛热处理有 3 种输送方式：直接滴注入炉内、采用炉内裂解、炉外裂解或汽化后输入炉内。炉外裂解有高温裂解法（950℃）和低温（200 ～ 300℃）触媒裂解法，有些采用的是炉内汽化。

3. 氮—甲醇气氛

这种气氛比甲醇滴注式气氛节省了昂贵的甲醇，减少了炉内成形炭黑的可能性，是更干净的气氛。由于变压吸附分子筛空分制氮和膜分制氮技术的成熟，使纯氮的获得变得方便和便宜，这种技术在热处理生产上应用日益广泛，是热处理业界主要推广应用项目之一。在网带炉上推广方式与甲醇滴注一样，也采用分区注入，但注入方式不同，如上海迦南公司的专利技术应用高压氮气使甲醇以高速雾化喷入至炉内搅拌风机叶片外端上方，以最快最分散的 CH_3OH 粒子化裂解，并迅速参与炉气组分之间的相互反应，不使炉温均匀度因导入甲醇而变差，炉温及气氛均匀性比液态甲醇直接注入炉内裂解要好得多，与采用吸热式 RX 气氛的效果相仿。

由于网带炉处理紧固件主要应用于淬火或渗碳，常用材料一般是 35K、1045、35CrMo 等高强度螺栓调质处理，它要求炉气为中、低碳势，不允许渗碳，

而渗碳件材料多为 1018、1022 等低碳钢要求高碳势的快速渗碳。

4. 直生式气氛（超级渗碳气氛）

超级渗碳气氛是直接将碳氢化合物如 CH_4、C_3H_8 或碳氧比大于 1 的有机渗碳剂如丙酮（CH_3COCH_3）与一定比例的空气以某种装置和方式直接注入到加热炉膛内所产生的可控气氛，这是 IPSEN 公司于 1978 年推出来的，主要应用于箱式多用炉，目前在我国约有数百台（套）设备投入生产。日本 DOWA 公司将类似的气氛用于连续炉，但它称之为 FC 渗碳（Fine Carburizing），它也用于对以往连续炉进行改造，对 C_4H_{10} 和空气进入炉内气流路径、碳势控制方法等进行改造。

5. 新型快速渗碳可控气氛（载气）的研发

甲醇裂解气比添加空气制备的 RX 气氛或氮基气氛在同样的渗碳温度和相同气氛碳势条件下有更快的渗碳速度和更均匀的渗碳层。

为了获得最大的碳传递系数，有人用不加氮或空气而用 CO_2 加甲烷（天然气）的办法制备出较好的气氛而获得 β 的最大值约 3.1×10^{-5}cm/s，如用 50%CO 和 50%H_2 组成的炉气，且用碳势值（CP）接近于渗碳温度下奥氏体碳饱和度（即碳活度 a_c=1），可以获得最快的渗碳速度，经试验比过去的渗碳法，其渗碳时间可缩短 40%，这种气氛在日本称为 URX 气氛。

为了保持炉气中各组分的分压值不变，就必须不断换气，即不断输入大量载气和排出炉内的已有气体。就常规气体渗碳工艺而言，如用吸热式 RX 气，其通入的富化物 CH4 不能超过载气的 5%，如果渗碳面积越大，所需 RX 气（载气）就越多，所需的载气量一般与渗碳炉型、炉膛容积等因素有关，每小时通入炉膛内的气体量与炉膛容积之比称为换气次数，一般为 2.5 ～ 12 次 /h。

6. 高强度螺栓淬火热处理炉用气氛

根据紧固件的类别要求不同，热处理用气氛有以下几类：

（1）不锈钢紧固件淬火加热炉用气氛

不锈钢紧固件淬火加热炉用气为保护气氛，目前用得较多的是还原性气氛，如纯氢、氨分解气或含氢约为 2% ～ 18% 的氨燃烧气氛。露点要控制在 -60℃以下，如处理 1Gr18Ni9Ti，当露点高于 -55℃时，表面即失去光亮色。

（2）8.8 级以上高强度螺栓

8.8 级以上高强度螺栓依据其规格不同而选用不同淬透性的线材，如螺纹外径小于 6mm 者，8.8 级和 10.9 级可选用碳素钢，如 35、45、ML35、ML45 钢；

35、45 钢 8.8 级最大螺栓规格为 M24，其余都应采用低中碳低合金钢，但这些材料的含碳量为 0.15%C（如 15MnVB）到 0.42%C（42GrMo、ML42GMo）。

高强度螺栓对钢中含碳量特别是钢件表面脱碳或渗碳都有严格要求，热处理后的脱碳和渗碳的检测方法采用表面硬度 HV0.3，规定了脱碳和渗碳的公差带。

采用冷镦或冷挤成形（非切屑加工成形）的螺栓，由于钢厂热轧成线材或在成形产品前的材料改制和预备热处理球化过程中线材表面可能发生氧化、脱碳现象。在冷加工成形时，原材料脱碳层不但仍然存在，而且被挤向牙尖，因此规定全脱碳及脱碳层的最大深度。

为了保证产品热处理质量合格，应该对进厂线材及球化退火后的线材表面状况进行相关金相显微组织检查，以决定最终热处理工艺的类别和工艺参数的制订。

①光亮淬火加热炉用气氛。选用这种加热炉用气氛的目的是为表面脱碳层未超差的螺栓进行淬火加热，使它在热处理过程中不再进一步加深脱碳，达到规定力学性能指标。

a）采用 H_2 和 CO 含量低的氮基保护气氛。建议采用 N_2–CH_3OH 气氛，如 90% ～ 94%N_2（纯度 99.5%），另加 6% ～ 10% 甲醇裂解气（4% ～ 6%H_2，2% ～ 3.3%CO）的载气，另加极少量的富化气。

这种气氛便宜、干净且容易得到。有资料介绍，当 CO 的质量分数低于 2% 时，对任何有效的渗碳过程都将停止，少量的碳氢化合物的加入可将碳势提高到既无脱碳也无渗碳，这一点对螺栓的淬火加热保护特别重要，螺栓淬火加热是绝对不允许有明显渗碳的。

英国 BOC 公司 1973 年推出了 N_2–CH_4 气氛，天然气加入量为 2% ～ 5%，CH_4 比 C_3H_8 好，因为 CH_4 低于 800℃时热分解率很低，不会形成炭黑。如用网带炉淬火加热螺栓时，炉内过剩的 CH_4 与炉口带进来的空气和前清洗后工件带进来的 H2O 在炉口发生反应生成 H_2 和 CO，防止工件在高温区的氧化脱碳。

此外，法国液化气公司推出 N_2+H_2+2%C_3H_8 混合气等。这类气氛的特点是 CO 和 H_2 含量较小，其碳传递系数很小，气氛中的 CO 和 H_2 分子很难与奥氏体钢表面同时相互发生碰撞产生原子碳并被吸纳，因此它仅属于保护气氛范畴。对它实行气氛碳势控制已无意义。

b）采用 40%N_2+60%CH_3OH 裂解气氛。这种气氛基本炉气组分为 40%H_2、20%CO，其余为 N_2，与天然气制备的 RX 相当。这种气氛的碳势控制非常方便，通过改变天然气量既能改变气氛碳势，也能满足各种螺栓等的光亮淬火加热保护。

由于这种热处理基本上没有气氛与钢件表面的碳分交换，因此，可以视为炉气碳势与工件奥氏体内碳浓度处于相对平衡状态。采用钢箔来检测炉气碳势十分接近工件表面含碳量，调整炉气碳势设定值就十分方便和可行。

②热处理复碳处理。复碳目的是使已脱碳的表面恢复到与钢件内部相同的含碳量，因为工件表面脱碳会引起淬火硬度特别是疲劳性能下降。

为了使在制造工艺过程中脱碳层超差的工件经过热处理复碳后达到不脱碳产品应有的性能，允许进行表面复碳热处理，由于控制气氛复碳工艺的成熟，这已不是难题。

可采用 RX 气氛或上述 N_2–CH_3OH 气氛，因为这种气氛调节控制性能良好，生成炭黑少。富化气采用天然气，如果是 35 钢，建议采用碳的质量分数为 0.5% ～ 0.6% 的碳势，可以比较好地复碳。有资料介绍，35 钢小件经 0.5% 碳势复碳后未发现渗碳现象。由于影响复碳的因素很多，对于不同批次复碳淬火的工件取何种碳势及加热多长时间应根据试验后做出决定。

由于复碳处理供碳数量不多，所需碳势不高，用钢箔测定碳势十分方便可靠。

7. 弹簧垫圈淬火加热用炉气

弹簧垫圈用材碳的质量分数基本上为 0.50% ～ 0.80%，淬火加热保护气氛依据资源和现在设备情况，上述的保护气氛和控制气氛都可以选择。选用纯氮、氨分解气作为保护气体属于保护气氛，气氛碳势不可控，但是炉内气氛的含水量（即气氛露点）对工件表面的脱碳甚至氧化十分敏感，气氛的纯度即炉内气氛的露点值必须严格控制。影响露点值的因素主要有作为保护气源的纯净度（如纯氮要求 595 型气氛），甚至要求适当加入一些还原气体；加热炉膛的纯净度、炉膛密封性良好，保持应有炉压，防止空气漏入炉内；工件入炉前应保持干净，不能带有水分、氧化皮等脏物。

8. 自攻螺钉的渗碳淬火炉用气氛

自攻螺钉、压板螺钉等大都采用 10、15，或 1018、1022 等渗碳钢制造。自攻螺 钉需经过浅层渗碳（或碳氮共渗）然后直接淬火、回火处理，表面硬度≥ 450 HV0.3（常用 510 ～ 660 HV0. 3），心部硬度≥ 200 HV0.3，1018 或 1022 制自攻螺钉的心部硬度为 270 ～ 390 HV0.3，渗层深度与螺纹外径大小有关。如 ST2.2–2.6，渗层深度为 0.04 ～ 0.12mm；ST3.6–8.0，渗层深度为 0.18 ～ 0.28mm。渗碳层深度用有效硬化层法计量。由外表层测至 513 HV0.3 时垂直距离，为了保证韧性，一般采用弯曲试验，弯曲 20° 角不断裂。

自攻螺钉的浅层渗碳工艺与中深层渗碳工艺不同。如渗层深 1.0mm 以上的汽车齿轮，常规渗碳工艺为了保证有较高的渗碳速度，表层组织有过共析层和共析层，两者之和的深度一般为渗层总深度的 1/2 ～ 3/4，碳浓度分布不能太陡。为此，常采用高碳势强渗后用碳的质量分数为 0.7% ～ 0.8% 的碳势扩散相当时间，然后降温至一定温度（如 800 ～ 840℃）等温，最后进行淬火冷却工艺，以保证渗层及心部有合格的硬度和良好的显微金相组织。

自攻螺钉渗碳的特点：①由于渗碳层很浅，如用无炉罐网带炉热处理，渗碳加热时间为 30 ～ 60min。②由于渗碳表面积大，为了保证热处理产量，全部热处理渗碳过程不分强渗、扩散和降温等温阶段，因为有效硬化层 513 HV0.3 处的碳的质量分数约为 0.37%，最外表层达到 0.5% ～ 0.6% 即可，在一般情况下渗层组织不可能也不允许出现过共析层或共析层。③获得最佳技术经济效益的渗碳生产，可在如下方面多加考虑：选用较高的渗碳温度（如 920℃），选用更高的工艺温度，可增加细长件的热处理变形；选用较高的炉气碳势，选用具有较高碳传递系数 β 的炉气载气，选用经济且碳当量小，产生炭黑少的渗碳剂。

在中、深层渗碳过程中有两种不同概念的平衡。其一是炉气组分在一定温度下的相互化学反应的平衡，这是控制气氛实现碳势控制的基础；另一种是强渗和扩散，最后阶段尽可能达到炉气碳势和钢件表面碳含量之间的动态平衡。当然，渗碳结束之后降温、等温后期也追求另一温度下的两者之间的平衡，只有这样才能实现工件表面层碳浓度的精确控制。

强渗开始时，炉气碳势与钢材表面的碳浓度之差是最大的，是极不平衡的，随着渗碳时间的延长，钢件表面碳的质量分数增加，浓度之差逐步变小，碳的渗入速度趋慢，如果达到基本平衡，一般需要数小时。例如采用质量分数为 1.05% 的碳势用 RX 为载气时 925℃渗碳 2h 试样表面（ϕ35 圆棒）碳的质量分数约为 0.9%。

上述自攻螺钉浅层渗碳全过程都为强渗阶段，是处于非常不平衡状态的过程。

常用的炉气碳的质量分数为 1.15% ～ 1.20%，接近于奥氏体在 900℃时的饱和度，工件表面碳的质量分数为 0.10% ～ 0.15%，渗碳结束时工件表面碳的质量分数为 0.5% ～ 0.6%，由于自始至终保持不同的碳浓度差，为快速渗碳提供了一个良好条件。

采用高碳势气氛时，与炉气的可用碳有关。有一次可用碳量和二次可用碳量

之说，一次可用碳量是指单位体积的炉气碳势下降至 1.0% 时所能提供的碳量，二次可用碳量是指从碳势 1.0% 下降至 0.9% 时所提供的碳量。二次可用碳量对有小孔或狭缝的零件均匀渗碳有重要影响。此外，当渗碳剂供应波动时，它也能起到一定的缓冲作用。它对密集堆放炉料的渗碳均匀性也会有所助益。显然，炉气中 CO 的分压越高，其二次可用碳量也就越多。

由于采用不平衡渗碳，为了保证产品质量，加强炉气碳势的检测（箔片定碳）、采用双参数 O_2-CO 控制碳势或用 CO_2 控制碳势、用 CH_4 监控炉气，会有更好的结果。在实际渗碳生产过程中，根据产品质量调整渗碳碳势和过程时间也是十分重要的。

3.3.3 紧固件热处理炉的选用

1. 高强度螺栓淬火加热设备

加热设备最初使用盐浴炉、滴注式滚筒电阻炉、放热式振底炉，后来采用吸热式或 N_2-CH_3OH 裂解气氛的铸链炉，目前使用量最大的是无炉罐网带炉。因为网带炉解决了铸链炉一些固有的装料问题，更容易靠近传送带低速装料，减轻了零件的滚动和翻转，从而减少了零件的碰伤事故。此外，网带炉用气量较少，能耗也更小。

根据紧固件材料及规格不同，目前主要使用加热炉的情况如下。

（1）不锈钢紧固件

多用带炉罐的网带炉，加热和气冷大都用氨分解气和高纯度氮气（595 型）。

（2）高强度螺栓

汽车用高强度螺栓淬火加热前要去磷，常用无炉罐网带式炉生产线，在生产线的前清洗设备带有去磷功能。

（3）大规格高强度螺栓

为了防止淬火时的碰撞和淬火变形，多选用箱式多用炉处理。

2. 自攻螺钉渗碳淬火

目前最经济实用的处理设备依然是无炉罐网带炉连续生产线。根据条件可选择燃气加热或电加热方法，根据条件可因地置宜的选择炉用载气类别和渗碳剂种类。

3.3.4 紧固件热处理生产发展关注点

一般说来单位紧固件价值很低，但又是无所不在，是十分重要的机械零件，车船、飞机、桥梁、建筑、电子电器都离不开它，提高紧固件的产品质量和生产

技术水平十分必要。紧固件热处理生产应在如下方面多加关注：

（1）开发新钢种，推出无需退火处理的高强度紧固件的冷镦钢。提高冶金产品质量，减小材料的非金属夹杂物。

（2）减小热轧盘圆原材料的氧化脱碳量，减少甚至无脱碳高质量的球化退火炉和保护气氛的开发应用。

（3）提高和开发淬火（渗碳）炉和回火炉新技术，进一步改善炉温和碳势控制技术，提高炉气均匀性，研发使回火炉用气氛达到炉内回火氧化发黑更佳的工艺生产技术。减少淬火变形及淬火时工件的磕碰伤，提高淬火冷却槽的冷却效果和冷却均匀性，加强和提高配套装置的前后清洗、油水分离、废热利用和节能减排等技术水平，在不影响产品质量的前提下降低热处理生产成本。

（4）加强管理，杜绝零件的混淆，减少零件的损伤。特别是在网带炉热处理生产中，更换品种规格时选择合理时间间隔和空载网带长度间距。稳定生产操作第一线人员，提高热处理技术人员和操作工的技术水平，减少人才流失。

（5）选用质优价廉的设备，尽可能采用先进而实用的技术，严格各项规章制度，维修保养好设备，保证炉温控制精度和炉温及炉气均匀性，防止、减小和清除在炉内的炭黑，正确使用和维护仪表和热电偶、氧探头、红外仪等传感器设备，保证其精确度，定期检测炉温、炉气、碳势的控制精度和淬火油的冷却性能。

（6）加强热处理产品的最终质量检查，保证产品的质量合格率，实现最大的技术经济效益。

（7）每条热处理生产线必须配置专用计算机，控制生产线、工艺、故障报警及数量管控，通过接口并入公司软件管理系统内，为数字制造和向工业 4.0 目标迈进作准备。

3.4 紧固件表面处理

3.4.1 表面处理在紧固件制造中的应用

紧固件在完成机械制造后，为了切实提高产品的耐蚀性和提高产品外表的美观度，使紧固件在服役状态中性能稳定、持久、可靠、耐用，通常需要给紧固件产品进行表面处理。表面处理是一种精密加工技术。表面处理后，满足了产品的美观和防腐两大功能，但同时也相应地增加了表面的厚度（通常在微米或几十微米量级），对于螺纹来说厚度的增加会直接影响到螺纹中径，有可能产生螺纹之间配合不畅的问题。考虑到某些紧固件拧紧可靠性更高的要求，螺纹和螺栓支撑

面表面的摩擦因数需要控制，而扭矩和摩擦因数的控制是通过表面处理来调整的。螺纹部分是紧固件连接的关键部位，由于螺纹公差范围相对狭窄，各种表面处理后对相互配合会产生一定的影响，一些产品甚至会发生不能互配的现象。每一种表面处理种类不同、性质不同、相应的涂层厚度是不同的，针对不同的表面处理方法及产生的不同互相配合的影响，在生产实际中采取针对性的、行之有效的措施和解决方案。

在表面处理前，必须了解紧固件螺纹的公差带及偏差，针对不同表面处理的种类、不同的厚度，针对性地选择表面处理的种类，采取不同的措施，才能使紧固件在表面处理后的使用过程中配合通顺、性能可靠，达到使用安全性和外观美观性统一的目的。

3.4.2 表面处理对紧固件螺纹配合的影响

在 GB/T 5267 标准中，对能够容纳镀层的厚度作了相应的规定：螺杆长度≤ 5 倍直径时，最大容纳镀层为 8 μm；螺杆长度≥ 5 倍直径时，最大容纳镀层为 6 μm。对于≥ 8 μm 的表面处理层，不能用 6g、6H 的止通规来检验。

1. 表面处理涂镀层较薄（一般小于 12 μm）的镀层

从内外螺纹的公差带位置中还可以看出，如果螺母公差带位置在下差位置，有可能会接近 0 位，但这种分布状态的可能性很小。螺母公差大多数分布在中上公差内，即使达到 0 位，也能够通过 6H 检验规的检验。由于电镀的表面会产生集肤效应，表面层很容易镀上，镀层也比较均匀，而内孔比较难以镀上，且内部螺纹处的镀层相对比表面层薄，如果表面厚度达到 8 μm，内孔螺纹处通常达不到 8 μm。因此，一般镀后的螺母公差带基本上仍能维持在 6H 的公差带位范围，可以用 6H 的止通规来检验。

外螺纹电镀后变化的情况比内螺纹情况简单一些，螺杆和螺纹电镀部位都在表面，在电镀后，镀层厚度均匀、变化不大；同样原理，由于镀涂层≤ 8 μm 也可以采用 6g 止通规来检验。

表面处理（如电镀、氧化发黑、磷化、皂化、磷皂化）的镀涂层都比较薄，紧固件在制造中执行的公差能够容纳表面处理后较薄涂层厚度的增加。因此，比较薄的表面处理镀涂层仍可用 6g、6H 的螺纹规进行检验。

2. 表面处理涂镀层较厚（一般在 30 μm 以上）的镀层

以热浸镀锌为例。热浸镀锌层防腐蚀效果比较理想，镀涂的成本相对比较低、防腐效果良好，适用于各种防腐蚀要求较高、表面质量要求一般的金属零部件的

表面处理，尤其是大的工程件（大型杆件、电线架设构件等）使用比较多。由于耐蚀性良好，受到广大用户的青睐，但热浸镀锌工艺表面涂覆层比较厚，一般厚度为 30 ～ 80 μm，会对紧固件制造的公差带来一定的改变。因此，在紧固件制造加工时，中径的尺寸必须进行相应的调整，否则在表面处理后会形成螺母、螺栓不能互相配合的现象。

热浸镀锌表面处理工艺从 1774 年应用以来，已经有 200 多年的历史，工艺比较成熟，相应的技术规范齐全，各种标准不断完善，热浸镀锌的镀前、镀后的螺纹公差及控制范围能够做到有法可依。

3. 锌片涂层的公差带及配合（8 ～ 30 μm）

薄的表面镀层（电镀）已有了相关标准，厚的涂镀层（电镀锌）各国专业协会也颁布了一些标准，做到有法可依。而在二者之间的锌片涂层表面处理，怎样有效地实现螺纹的配合和检测，到目前为止世界各国还没有明确统一的标准。

从 1974 年美国汽车工业开始应用达克罗技术至今有 40 年的历史。中国从 1993 年开始引进达克罗技术，1995 在工业领域进行应用，到目前有 20 多年的历史。尽管生产工艺已经处于成熟阶段，并且有了国产的达克罗涂料，但相应的标准欠缺，涂覆后的公差范围及螺纹检验没有相关的执行标准，目前只能按照供需双方的要求进行商定。

3.4.3 表面处理的种类及各工艺适应产品范围

表面处理比较薄的涂镀层有许多种工艺，经常使用的有电镀、发黑、磷化、表面钝化等几种，这些表面处理对紧固件的螺纹公差影响比较小，是应用最广泛的表面处理种类。

1. 电镀（锌）

电镀是应用电化学原理，将要镀的产品放在阴极，电镀溶液或阳极放入被镀的金属，通过电离和电子流动的原理，阳极上或溶液中的金属在电离的作用下，金属以离子的状态不断地进入溶液中，由于溶液中电离的效应，金属阳离子不断地向阴极移动和转移，金属阳离子在阴极上发生电化学还原反应，沉淀在被镀产品的表面，形成金属表面保护层，这就是电镀。

电镀的镀层厚度存在最小批次平均厚度和最大批次平均厚度的问题。最小批次平均厚度是确保螺纹紧固件防腐蚀的要求，而最大批次平均厚度是保证螺纹紧固件在电镀后螺纹的旋合性。试验验证的数据表明，在螺钉、螺栓头部和螺钉、螺栓、螺母的扳拧表面，这些产品的表面上测得的局部镀层厚度值，通常都达到

批次平均厚度值，符合和满足了电镀产品的技术要求。

镀锌是钢铁基体紧固件最廉价的但十分有效的保护层，而镀锌钝化是镀锌所必经的处理过程。镀锌后钝化可提高镀锌层的耐蚀性，并提供各种颜色来改善其表面装饰性。

电镀存在着集肤效应，电镀层的外表面镀层厚度比较均匀、平整，能够达到技术要求。但是，一些内孔、凹陷的地方，可能与技术要求存在一些差距，必须引起重视。滚镀与挂镀对镀层的影响有所不同：滚镀适宜于比较小的产品，操作方便；挂镀产品的外观质量比较好，但是吊挂的位置处存在不足。

一般电镀的产品，镀层比较薄，以 4 ～ 8 μ m 的镀层居多，6g、6H 标准有一定公差间隙范围，能够包容比较薄的镀层，因此普通要求的产品，在电镀后可以使用与制造过程中同样的 6H、6g 的检验规来检验螺纹（超过 8 μ m 的厚镀层除外）。

电镀种类比较多，锌、铬、镍、金、银、铜等防腐蚀效果比较好的金属材料都能进行电镀。但是，电镀锌的使用最为广泛，一般有防腐要求的产品，广泛地选用镀锌作为表面处理方式。不过未经钝化的镀锌层表面会很快出现“白霜”或“白毛”，就是镀锌层的腐蚀产物，俗称白锈。如果经过钝化后使镀锌层表面形成一层组织细密、耐蚀性较高的钝化膜，则可显著地提高镀锌层的耐蚀性。电镀锌的后续钝化种类也比较多，按照颜色区分可以分为黄锌、白锌、彩锌、绿锌、黑锌等许多种类，按照钝化膜的成分区分，可以分为 6 价铬钝化、3 价铬钝化、无铬钝化等。目前因为环保的原因 6 价铬钝化基本被弃用，通常采用的是 3 价铬钝化，必要时对更高防白锈要求的产品，3 价铬钝化往往需要增加封闭剂的表面处理。所以要根据产品的不同要求选择镀锌和钝化的种类。

由于电镀前要经过酸洗，会产生氢脆的危险，必须采取相应的措施，国家标准 GB/T 5267.1 明确规定，硬度在 320HV 以上的产品必须通过氢脆测试，超过 365HV 的产品必须有控制氢脆的措施或技术条款。

2. 氧化发黑

一般是碱性发黑，又简称为发黑、发蓝，是钢铁最常用的发黑方法，已有许多年的工艺历史。

将钢铁零件放在氢氧化钠、亚硝酸钠或硝酸钠溶液中进行加热，生成亚铁酸钠及铁酸钠，然后亚铁酸钠和铁酸钠进一步发生反应，生成 Fe_3O_4。Fe_3O_4 在溶液中的溶解度很小，当浓度达到饱和时，就会在钢铁表面上生成一层较为致密的氧

化膜。这层薄膜可以存储防锈油，能够产生耐蚀性，并且能够增加产品的美观度。

氧化膜的形成分为四个阶段：第一，先在零件某个部位产生少量溶解，在表面接触形成一个过饱和 Fe_3O_4 的局部区域；其次，在上述区域中，Fe_3O_4 聚集后，产生磁性氧化膜晶胞；然后，晶胞在一定条件下（在加热的亚硝酸钠溶液内），会逐步长大扩展；最后，随着晶胞的不断长大扩展，磁性氧化膜逐渐连成一片，成为连续的氧化膜。发黑后表面形成的氧化膜，成分是 Fe_3O_4，这是一种致密的、附着力非常高、耐磨性比较强的、黑色稳定的氧化膜。

氧化发黑技术中，高温发黑的工艺比较成熟，其外观质量、附着力、耐蚀性是目前各类方法中最为稳定的。这种方法采用 $NaNO_2$ 和 NaOH 溶液，将工件置于在 140℃左右溶液（一般高碳钢 138℃，中碳钢 140℃，低碳钢 143℃）中煮 40min 左右，然后形成致密的 Fe_3O_4 氧化膜。经过 X 射线衍射分析，表明在钢铁件表面形成致密的晶态结构的膜。该氧化膜与钢铁基体表面接触良好，具有很好的附着力和耐腐性。此外，根据温度的不同、配方的不同，还有常温发黑、热处理发黑、磷化发黑处理等几种不同形式的发黑。发黑是最简单、最方便的表面处理形式，加工简便、成本低。但是，发黑处理的防锈能力有限，在一般情况下，几天内会产生锈迹。在发黑工序完毕后，如果进行后续处理，例如皂化、浸油，发黑产品防腐蚀的效果会显著提高，尤其是涂上防锈油，防锈能力可以提高几倍甚至十几倍。

3. 磷化

磷化是将金属工件（钢铁或铝、锌件）浸入磷化液（酸性磷酸盐为主的溶液）适当加热，在表面沉积形成不溶于水的结晶型磷酸盐转化膜的过程。

根据配方和磷化温度的不同，磷化可以分为许多种类。按磷化成膜体系可以分为锌系、锌钙系、锌锰系、锰系、铁系、非晶相铁系等六大类。其中，铁系磷化、锰系磷化、锌系磷化是磷化最常用的三类。磷化的质量与磷化液的配方成分、成分的比例、添加剂和促进剂有密切的关系。

磷化是将金属氧化物、添加剂、促进剂在磷酸等酸性溶液适当加热，进行化学反应，使金属表面生成一层难溶于水的磷酸盐保护膜。磷化后的晶粒呈树枝状、针状、孔隙较多，见图 3-16 所示。

磷化处理广泛应用于产品防腐蚀、涂漆前的打底、冷加工的减少摩擦及润滑作用。磷化膜层的特殊微孔结构能够与基体牢固结合，具有良好的吸附性、润滑性、耐蚀性、不黏附熔融金属（Sn、Al、Zn）性及较高的电绝缘性等特点。

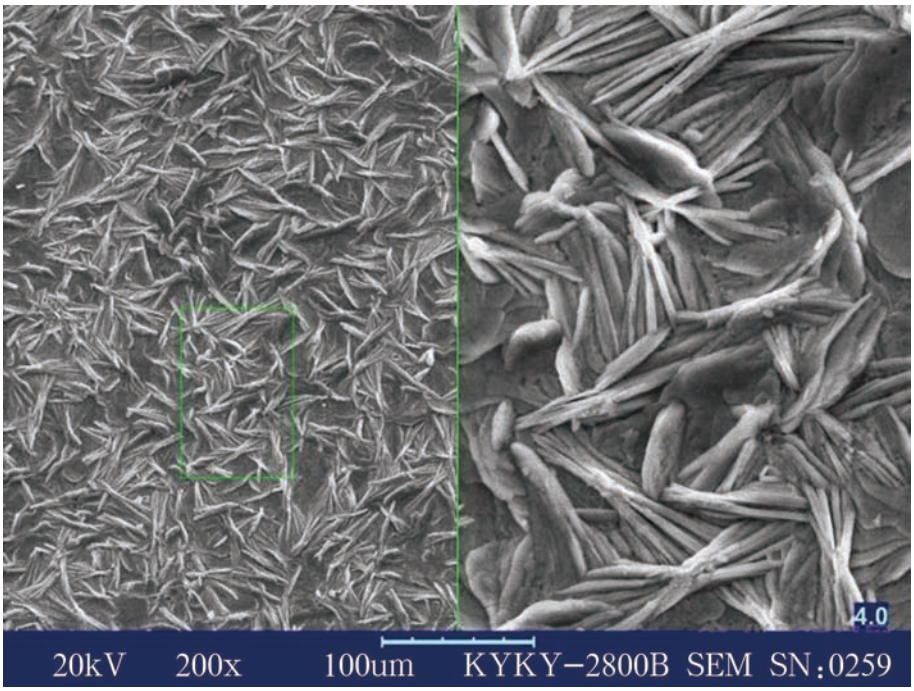


图 3-16 磷化膜微孔形状

4. 金属表面钝化

使一般活性金属或合金表面化学活性极大地降低成为贵金属状态的现象，叫钝化。钝化后在产品的表面上形成金属氧化物或盐类，形成一层薄膜，薄膜紧密地覆盖在金属表面上，导致金属钝化。钝化常用铬酸（H_2CrO_4），具有很强的氧化性，有毒。铬酸中的 6 价铬很容易被人体吸收，可通过消化道、呼吸道、皮肤及黏膜侵入人体，长期接触或吸入时有致癌危险，危害性极大。H_2CrO_4 是 CrO_3 溶于 H_2SO_4 以及铬酸盐酸化时生成的化合物之一。CrO_3 是 H_2CrO_4 的酸酐，室温下为橘红色或暗红色固体。重铬酸是双分子的 H_2CrO_4 脱水形成的多酸，化学分子式为 $H_2Cr_2O_7$。

钝化是在一定条件下金属与介质相互接触的界面上发生变化的。钝化的过程是将金属产品置于亚硝酸盐、硝酸盐、铬酸盐或重铬酸盐溶液中处理，使金属表面生成一层钝化膜的过程。它是应用电化学方法，将产品经过酸洗后，在金属表面形成一层很薄的铬酸盐氧化薄膜（不是单纯的氧化铬组织，CrO_3 是暗红色或暗紫色斜方结晶，Cr_2O_3 是绿色结晶）。铬酸盐氧化膜的组织成分比较复杂，以 $Cr_2O_3 \cdot CrO_4 \cdot nH_2O$、$Cr(OH)CrO_4$、$Cr(OH)_3 \cdot Cr_2(CrO_4)_3$ 等大分子

结构形式存在，一般是无色的。钝化膜使金属在外界环境中被腐蚀的速率大幅度地降低。

紧密覆盖在金属表面的钝化膜，改变了金属的表面状态，使金属表面的电极电位极大地向正方向跃变，转而成为耐蚀的状态。例如金属铁钝化后变成铁离子时，电极电位由－ 0.44V 跃变到＋ 0.5 ～ 1V。金属钝化是一种界面现象，它没有改变金属本体的性能，只是使金属表面在介质中的稳定性发生了变化，钝化后产品的耐蚀性极大地提高。

5. 热（浸）镀锌

热镀锌的产品一般要符合互相配合的原则。如果客户提出要检测热镀锌螺栓和螺母的通止规，必须事先安排生产时进行螺纹中径尺寸的调整。

热镀锌表面涂覆后，表面增加的厚度为 30 ～ 80 μ m，经过离心甩干后，可以将表面积锌和多余镀层去除，这样可以相应地减少表面的厚度，将表面厚度控制在 20 ～ 55 μ m 的范围内。

热浸锌的防腐效果特别显著，受到广大用户的青睐。由于热镀锌前必须进行酸洗，会有一部分游离态的氢进入基体，产生氢脆，影响产品的韧性。对一些强韧性要求高的产品，不能进行热浸锌表面处理。

在 GB/T 5267.3—2008 的标准中明确规定：

（1）硬度超过 320HV 的零件采用防腐蚀酸、碱性或机械清洗方法进行清洗，浸入防腐蚀酸的时间必须控制，防止紧固件因热浸锌产生氢脆现象。

（2）规格在 M27 及其以上的、性能等级是 10.9 级的螺栓、螺钉和螺柱，不宜采用高温热浸镀锌工艺。

（3）规格小于 M8（或）螺距小于 1.25mm 的螺纹紧固件，不推荐采用热浸锌。

（4）应该避免在 480 ～ 530℃的温度范围内热浸镀锌，因为此温度区间对镀锌槽侵蚀最严重。一般热浸镀锌温度在 455 ～ 480℃范围，高温热浸镀锌的温度在 530 ～ 560℃区间。

（5）一般产品热浸镀锌后不需要后处理，但是客户要求后处理时，可以用铬酸盐或者磷酸盐进行处理，这样可以有效地防止潮湿环境下产生白色腐蚀——白锈，增加产品的耐蚀性。

（6）螺母及内螺纹零件，必须在热浸镀锌后攻螺纹，不允许重复攻螺纹。

因此，采取热浸镀锌作为表面处理工序的产品，必须了解热浸镀锌的机理、过程、特点和注意事项，扬长避短，发挥热浸镀锌表面涂层的积极作用。

6. 热渗锌

将渗锌剂与钢铁制件置于渗锌炉中，加热到 400℃左右，活性锌原子则由表及里地向钢铁制件渗透。与此同时，铁原子由内向外扩散，这样就在钢铁制件的表层形成锌铁金属间化合物，即镀锌层。

热渗锌技术源于英国和前苏联。20 世纪 90 年代以来，我国有关部门的专家经过潜心研究与试验，成功地开发出粉末渗锌技术、系列成套设备和粉末渗锌产品，获得了粉末渗锌设备、炉体回转式粉末渗锌设备及粉末渗锌螺纹钢、管材和型材等五项实用新型国家专利，为在我国全面推广这项新技术提供了技术保证。

热渗锌产品的性能良好，概括起来有以下特点：

（1）耐蚀性强，特别是和锌片涂层等涂覆技术结合使用时，耐蚀性高达 2 400h 中性盐雾试验没有红锈。

（2）耐磨、抗擦伤性能好。渗锌层表面硬度能达到 250 ～ 400HV，而 热、电镀锌制件表面为纯锌，镀层硬度仅为 70HV 左右，因此渗锌比热、电镀锌耐磨和抗擦伤性能好得多。

（3）生产基本无污染。在一般情况下，渗锌生产的前处理只采用抛丸机除锈清油，且用布袋除尘，能达到国家三级标准。生产中以油燃料作为主要能源，采用循环燃烧无烟排放技术，粉末渗锌技术为锌固体渗，没有锌蒸气产生，工件与助剂在密闭的器具中进行渗透和分离，对周围环境没有污染。

（4）锌消耗量比较低。热镀锌的锌消耗量吨产品为 100kg 左右，而粉末渗锌仅为 30kg 左右，只占热镀锌的 30%。另外，也没有锌锅腐蚀这一热镀锌的老大难问题。

（5）经渗锌处理的钢材制件不影响材料的力学性能。渗锌处理的温度比热镀锌低 100 ～ 280℃，此温度下吸入钢基体的氢原子已扩散逸出，在应用中没有氢脆的危害，也避免了弹簧等一些高强度产品件因处理温度高造成力学性能下降的弊端。

由于热渗锌的表面经常是灰黑色的，且表面非常粗糙，需要经常使用后处理或后涂覆复合处理技术，因此实际应用中很少单独使用热渗锌技术。

7. 锌片表面涂覆（达克罗）

电镀、热镀锌适应了不同产品的表面防腐蚀需求，但这些表面处理都需要经过酸洗，出现氢脆现象在所难免。尤其是高强度螺栓，在工业应用上，产生断裂情况屡见不鲜，螺栓断头现象的频繁产生，对高强度紧固件表面处理提出了新的

要求，各国科学家纷纷研究新型的表面处理材料和工艺。锌铬涂层工艺于 1970 年诞生在美国（我国称为达克罗），它能有效地提高耐蚀性，避免氢脆的产生，广泛地应用于各个工业领域。

由于达克罗含有 6 价铬，没有达到欧美国家的环保要求，欧美等各国在锌铬涂层的基础上研制出不同种类的锌铝涂层，丰富了锌片涂层家族。锌铝表面涂覆是将锌、铝等金属鳞片，通过溶液搅拌黏合，形成侧向条形状薄片，均匀地溶合在一起，在产品表面涂覆后，经过烘烤，溶液中部分成分挥发，将无机粘合剂和金属薄片紧密地黏合在一起，一般会按照轴向有序地成排覆盖在金属产品的表面，将内部的金属紧紧地包围住，起到防腐蚀作用。示意图见图 3-17。

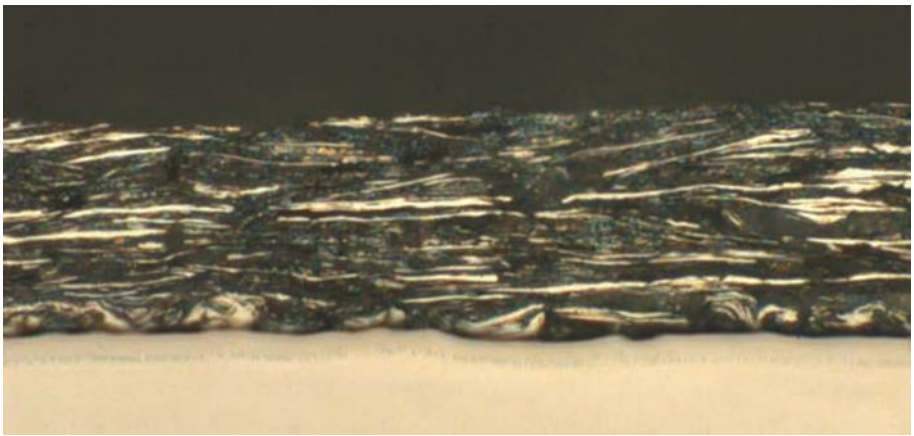


图 3-17　锌片涂层

不同品种的锌铝涂层，丰富了锌片涂层家族。在欧洲，环保的 ROHS 条款出台后，由于必须消除 6 价铬，限制了达克罗的生产，因而各种环保锌铝涂层涂料纷纷研制而生，形成环保涂层家族，具体见图 3-18。

锌美特是无铬复合涂层，达到欧洲环保要求，而且相同厚度的涂层防腐效果超过有铬的达克罗涂层。以盐雾试验 720h 为例，有铬涂层≥ 9 μ m， 无铬涂层≥ 8 μ m。

为使中性盐雾试验达到 1 000h 的要求，锌美特涂覆要求表面涂层≥ 10 μ m，如果螺纹中径尺寸不调整，涂覆后就不能进行互配。一般采取在阴螺纹加工时适当放大的方法进行调整。由于锌片表面涂覆的技术应用年代比较晚，紧固件的锌片涂层的国际标准到 2000 年才出现，在标准中没有涉及到中径的变化及检验的技术规范，涂覆后只能采用螺杆与螺母互配的形式来检验。

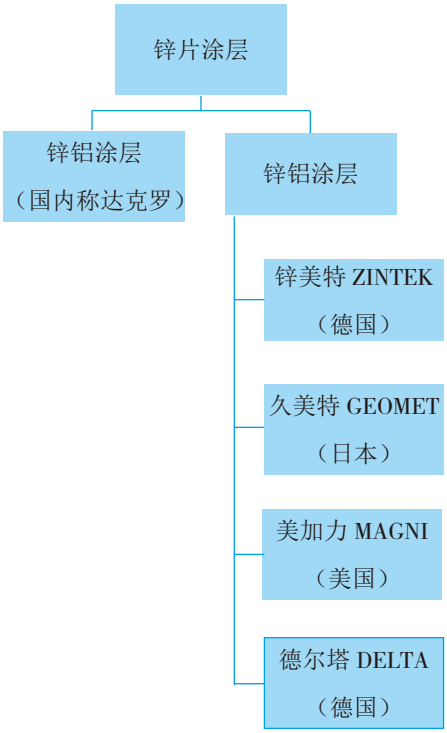


图 3-18　锌片涂层家族

中外各国对表面涂覆的技术和配合都做了一些相关的论述，但是没有具体的技术方案：

（1）中国 GB/T 5267.2—2002《紧固件非电解锌片涂层》中作了论述：表面涂覆层的厚度不能超过 8 μm，超过 8 μm 采取加大阴螺纹中径的方法。

（2）日本 HES（本田公司）《保护膜》2008 标准中说明：……与镀锌相比，螺丝的螺纹峰和槽的保护膜厚度偏差很大，因此，有关表面处理后的螺丝精度检查标准正在探讨。

（3）英国 MG ROVER 工程标准《ISO 米制螺钉螺纹的测量》中写明：有机复合涂层厚度比较大，涂后产品不能用 6g、6H 的止通规去检测。

（4）德国 DIN13-1999《关于米制螺丝的螺纹特性》中，对螺纹的公差范围、公差的大小有详细的论述，但是对涂后螺纹的配合没有相关的定论。

（5）国际标准 ISO10683-2001 《紧固件　非电解用锌片涂层》，对无铬复合涂层的厚度，按照盐雾试验每个档次试验要求，都做了明确的规定和叙述。但是对涂后的螺纹检测和螺纹配合，没有做出相应的规定和具体的检测标准。

我国复合涂层开发应用得比较晚，没有相应的国家标准。欧美对复合涂层开发研究得比较早的国家，也仅仅对涂层的厚度、中性盐雾试验有相关论述，但对螺纹形成前尺寸公差的控制、涂后的检测都没有具体的明文规定。

锌片涂层工艺技术日趋成熟。为了经济效益更大化，目前国外正在试验采用更好的锌合金片技术，为了践行绿色环保的理念，逐渐向水溶性锌片涂层的方向发展。锌片涂层的发展历程是：

锌片涂层的发展历程：锌铬涂层→锌铝涂层→锌合金片涂层/无溶剂锌片涂层

8. 机械镀锌

机械镀锌是一种与电镀锌、热镀锌、达克罗不同的工艺处理过程，它的工艺特点是室温条件生产操作，镀层形成不属于电沉积；是由装载零件镀筒旋转，使筒内的零件和锌粉悬浊液体介质相互碰撞、由机械能传递来形成镀层；镀层结构为微粒级球形锌粉受机械力传递碰撞变形、成为扁平碟形锌颗粒的层状叠加凝结成镀层，具有金属锌的基本物理特征，是为铁基本零件提供防锈蚀性能的保护镀层。工艺特性是对高强度钢工业零部件不产生氢脆危害，对小型可滚镀零件的重防腐镀层（25 ～ 110 μm）替代热浸镀锌工艺，具有工业应用的竞争优势。

机械镀锌层在潮湿的空气中，易在镀层表面产生白色腐蚀物，必须通过透明铬钝化、黄色铬钝化，形成的铬钝化膜防止白色腐蚀物产生。

9. 锌（镍）合金电镀新工艺

锌合金电镀工艺目前成熟的主要有锌镍、锌铁和锌锡等产品，其中应用最广泛的是锌镍产品和工艺。锌镍工艺按照电镀液的特点分为酸性和碱性工艺，按照镍合金含量的高低分为高镍（12% ～ 16%）和低镍（5% ～ 9%）两种。

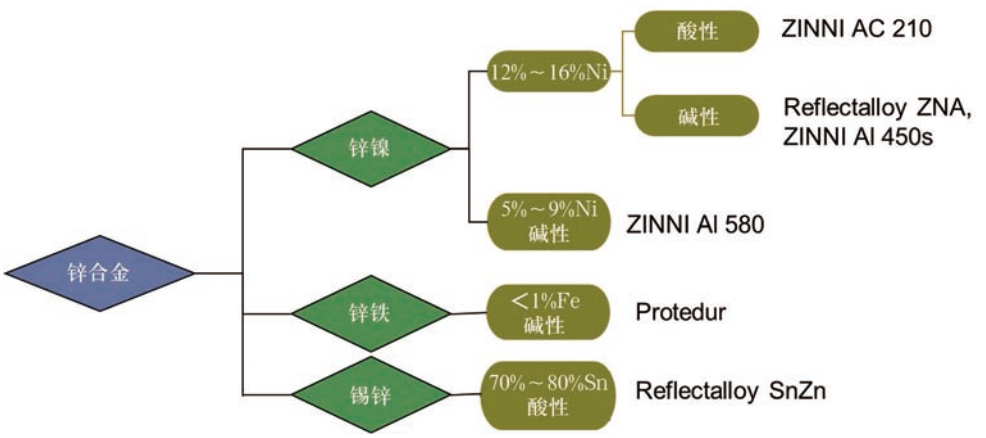


图 3-19　电镀锌及锌合金工艺概述

（1）锌镍合金的构成与耐蚀性

与传统的电镀锌相比，锌镍合金对钢铁基材有极佳的耐蚀性。与镀锌层相比，锌镍合金与钢铁之间的电势差更小，因而接触腐蚀更小。同样，锌镍和金与铝合金之间的电势差比镀锌与铝合金更小，导致锌镍镀层有更低的腐蚀速度，随着汽车工业等越来越多采用铝合金部件，用来装配的紧固件的表面处理也就越来越多地采用镀锌镍合金。

在电镀锌镍合金后，需要进行后处理防止镀层被氧化腐蚀。过去，人们常使用 6 价铬钝化来对锌镍层进行后处理。但 6 价铬具有较高的毒性，随着人们对环境保护的重视， 6 价铬钝化的技术已基本被废止。现在，我们普遍使用 3 价铬钝化液及封闭剂来取代 6 价铬钝化，满足高性能的要求。

3 价铬钝化层的厚度一般为 50 ～ 200 μm，钝化层本身为无色透明。然而，由于可见光在钝化层表面的反射光之间的干涉作用，使得钝化层出现不同的颜色。一般来说，当钝化层厚度为 50 ～ 100 μm 时，钝化层呈现蓝色（薄膜钝化），而当钝化层厚度为 100 ～ 200 μm 时，钝化层呈彩虹色（厚膜钝化）。

（2）锌镍合金技术的最新进展

由于锌镍合金的高抗腐蚀、耐高温及高硬度等优异性能，锌镍合金已在汽车配件行业得到广泛的应用，人们对锌镍合金的需求日益增加。然而，目前常用的碱性锌镍合金有电流效率较低、易老化等缺点。与碱性锌镍合金相比，酸性锌镍合金具有电流效率高、镀液不易老化的特点，可满足人们提高产能的要求，近年来已逐渐被人们重视。在一定条件下，酸性锌镍合金比碱性锌镍合金的镀速高 30%。因此酸性锌镍合金工艺的性价比更高，特别是在高碳钢的紧固件和铸铁件表面，选用酸性锌镍工艺更加适合。

3.4.4 表面处理主要设备

为了配合上述各种主要紧固件的表面处理工艺，需要适合不同工艺的定制设备。其中，氧化发黑、磷化、钝化、热镀锌和渗锌设备相对比较简单，这里不做特别阐述。镀锌（锌合金）和锌片涂层工艺所用的主要设备比较独特，市场需求也更加广泛，在此简单介绍这两大类表面处理工艺的最新设备和技术。

1. 镀锌（锌合金）主要设备

目前国外出现了一种如图 3-20 所示的紧固件滚镀线，主要特点如下：

（1）在滚筒从一种工位（如镀槽）升起并移动到下一道工位（如水洗）时，其余在镀槽中的其他滚筒仅仅是沿着和阳极平行的方向向前滑动一个工位。所

有的滚筒都是在同样的镀槽中运行电镀，这样就确保了电镀工艺的可重复性和一致性。

（2）由于滚筒之间永远不会再发生一个在另外一个上面经过的情况，这样就避免了过去因不同药液滴漏造成污染的现象，也就减少了潜在的质量问题。

图 3-20　先进的滚镀生产线示意图

滚筒径向轴方向永远与其移动方向平行，这与传统滚镀成垂直方向完全不同。另外，大多数时间所用镀槽是被盖子完全覆盖的，这样大大减少了药液挥发而浪费的现象。和传统的电镀线一样，每个滚筒电镀位置都有一个独立的整流器，这样和传统电镀工艺一样可以灵活安排生产，如图 3-21 所示。

图 3-21　滚镀锌或锌合金电镀设备示意图

半圆形的镀槽和阳极设计，使电镀效率大大提升，降低能耗和水的消耗等，如图 3-22 所示。

当前，国外出现的新型滚镀设备应该引起我们的重视。除了上述特点，这种新型设备还具有占地面积小、更高的品质稳定性和目前最高的生产效率等特点。

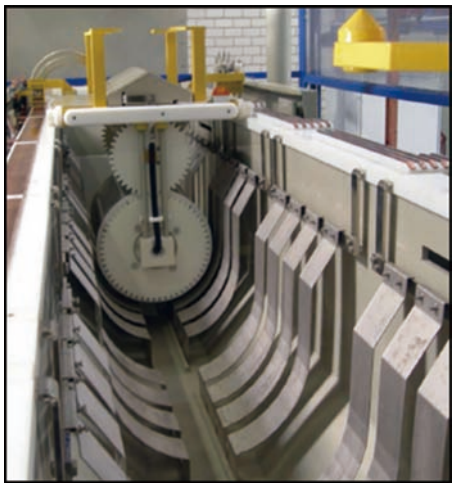


图 3-22　半圆形的镀槽和阳极示意图

2. 镀锌（合金）钝化药液处理设备

为了环保清洁生产，达到产品高质量的要求，当前市场中出现一些控制 3 价铬钝化药液成分的设备。Tricotect 钝化药液处理设备就是其中的一种。

Tricotect 是一种通过离子交换技术，去除 3 价铬钝化药液中的锌/铁杂质（生产中带入）的设备。使用这种设备，可以使生产的产品质量非常稳定，而且延长钝化液的使用寿命，降低钝化处理成本。

如图 3-23 所示，粗线显示了传统的无 Tricotect 离子交换技术的质量范围，而细线显示的是有离子交换技术的品质控制范围。很显然使用了 Tricotect 产品的品质波动范围小，而且因为无需人工定期翻槽（重新开缸）可以很容易地实现自动化添加及生产控制。

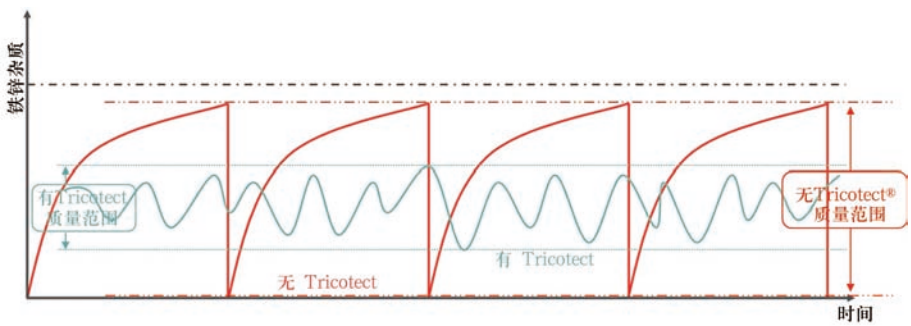


图 3-23　有无 Tricotect 钝化药液中杂质含量波动示意图

Tricotect 的原理如图 3-24 所示。高级 Tricotect 设备还配有自动控制软件及自动再生系统。经过美国明尼苏达大学研究发现使用该设备具有以下优点：① 稳定的电镀锌（合金）产品外观。② 一致稳定的抗腐蚀性能。③ 钝化液寿命能延长到 2 年或更长时间。④ 每年钝化药液费用节省高达 50%。

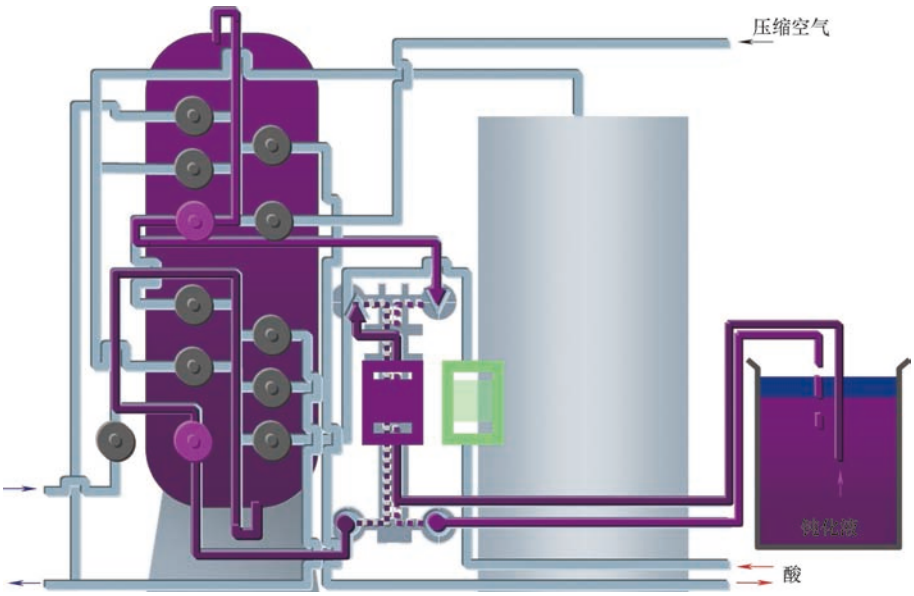


图 3-24　Tricotect 离子交换技术原理示意图

3. 紧固件锌片涂层设备

30 多年来锌片涂层设备的发展经历了三代。

（1）第一代传统标准离心涂覆机，如图 3-25 所示。这种离心涂覆机加工紧固件有以下 3 点不足：

①由于图中 R_1 区域对应的离心力远远大于 R_2 区域的工件所受的离心力，造成每批次相同篮筐内的零件表面厚度分布不均匀，抗腐蚀保护性能不均匀。②有凹槽的零件涂层质量不合格率高，如某些内六角头螺栓涂覆积液率有时高达 20%。③对螺母的涂层合格率不高。

（2）第二代倾斜式离心涂覆机，比第一代有了进步，但仍然存在以下问题：①内凹槽部位仍然有积液问题，尽管积液率可以低至 5%。②由于使用大篮筐和倾斜，带来了螺纹碰伤问题。③零件外观损伤，对黑色涂层来说特别明显。

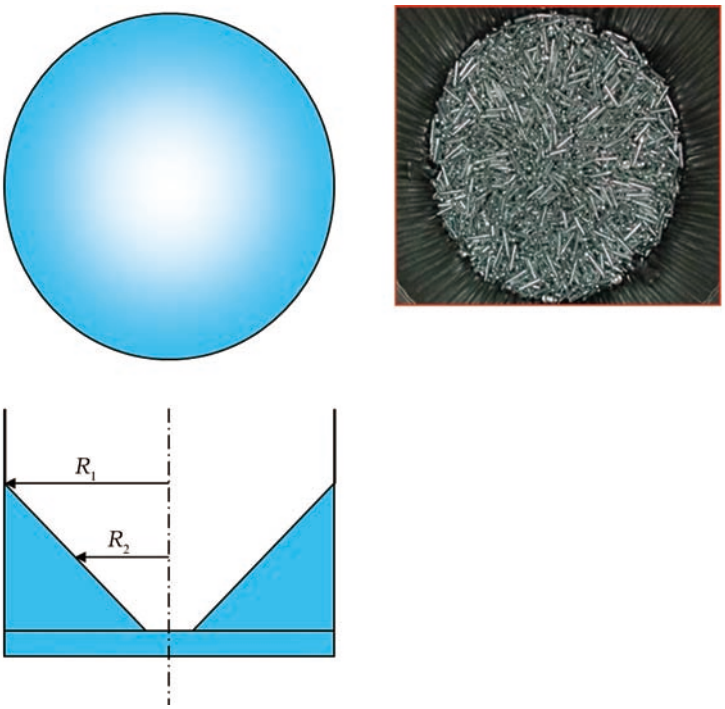


图 3-25　第一代浸涂离心涂覆机示意图

（3）第三代行星式离心涂覆机，如图 3-26 所示。由于其独特的设计及优化的涂料工艺，具有如下优点：①厚度分布非常均匀，所以耐蚀性非常均匀。②对内凹槽的螺栓和螺母，带垫片的螺钉涂层成品率最高，可以实现 1×10^{-4}% 的缺陷率。③由于使用更小和多个篮子，零件碰伤更少。④适合涂装更小的零部件，如 M6 或更小的螺钉。

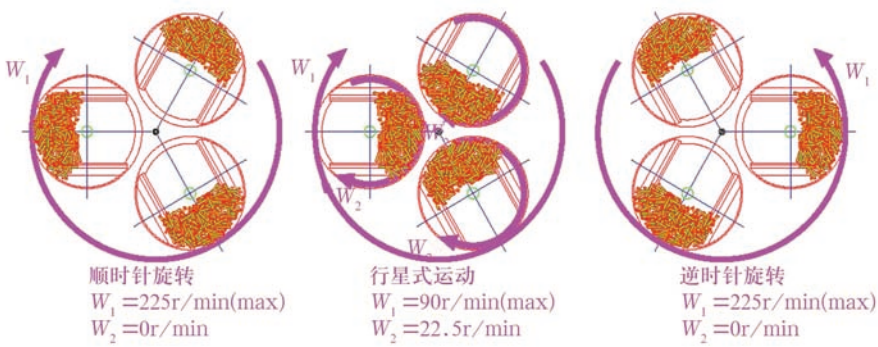


图 3-26　第三代行星式离心涂覆机示意图

表面处理工艺和设备种类繁多，上述几种表面处理工艺和设备是目前紧固件行业中使用频率最高的表面处理种类。其中，锌片涂层是近年来不断发展的紧固件表面处理的新品种，随着技术设备不断地发展，新的应用会不断涌现。

3.4.5 表面处理工艺与国际先进水平的差距

过去十几年我国汽车工业的飞速发展，间接带动了国内汽车紧固件行业的技术进步。紧固件表面处理得到了长足的发展，特别是过去五六年越来越接近国际先进水平。总体来看，我国主要处于引进国外先进技术设备、逐步消化吸收的阶段，和国际先进水平差距明显。主要差距体现在以下几个方面：

（1）重大创新性的紧固件表面处理工艺和设备不足（如电镀锌镍合金中需要的薄膜阳极技术）。

（2）生产过程中的质量控制和管理有待提高和完善。

（3）表面处理工艺中所使用的某些关键原材料尚未国产化，仍然需要从工业发达国家进口。

（4）品质持续改善的意识仍然有待提高。

3.4.6 表面处理工艺的发展方向

面对多样化的市场需求，需要坚持百花齐放、百家争鸣的发展方向。由于紧固件产品种类繁多，在选择表面处理时，必须尽可能全面分析客户的具体性能要求，结合每种表面处理的特点，根据紧固件的具体强度、防腐、使用场合、应用年限等具体要求，针对性地选择不同的表面处理工艺。同时要特别注重加工质量、结合力、螺纹配合状况，注重紧固件在部件中的作用和位置，除在连接中的基本功能外，力求做到表面处理在防腐、实用、美观、环保、经济各方面的统筹兼顾，提高紧固件的使用安全可靠性，为部件、整机提供切实的保障。

3.5 紧固件质量检验和检测

3.5.1 检验定义和要求

1. 检验

在 ISO 9000 标准中，对检验的定义是通过观察和判断，适当时结合测量、试验进行符合性评价。质量检验就是对原材料、半成品和成品的一个或多个质量特性进行观察、测量、试验，并将结果和规定的质量要求进行比较，以确定每项质量特性合格与不合格情况的技术性检查活动。

2. 紧固件检验的特点

紧固件的生产特点是多品种、多规格、大批量生产，按标准、规范或用户合同要求，采用快速、高效、自动化生产的机器制造加工。由于使用机器设备的类型、镦锻方式（冷镦或热镦或搓螺纹）和不同的加工循环周期，现代化的紧固件制造机械设备是连续生产（例如冷镦机、滚丝机、连续式网带热处理炉、表面涂层处理等），生产效率为 60 ～ 800件/min。有时一个制造商生产的数量每天可多达上百万件。

随着用户对紧固件的交付提出更高的质量要求，需要紧固件制造者要有特殊控制措施（FPC），如：建立完善、有效运行的质量管理体系，编制切实可行 MPP 制造过程计划、PQP 产品质量计划、控制工序能力 CPK 和科学规范的检验活动。此外，零件在生产过程中从材料投入，要经过多工序或多道序的流转，加工工序的次数取决于生产产品的工艺链的长短（如冷镦、搓螺纹、清洗、淬火和回火、防腐蚀要求、表面处理等）。紧固件的质量检验需要从投入、过程、工序和最终产品检验及报告、预防等各环节采取必要的措施，提高产品质量，防止不合格品和次品的产生。

由于紧固件产品品种规格多、批量大、检验项目多，不可能对产品进行 100% 的检验，对于破坏性试验实施全数检验也是不可能的，因此紧固件的生产企业都要做好进货检验、过程工序检验、最终成品的“三把关”检验，采用规范的抽样检验方案，切实按照 GB/T 90.3—2010《紧固件 质量保证体系》“三不准”的规定实施，即不合格材料不准投产，不合格半成品不准转序，不合格产品不准出厂。

3. 紧固件判定性检验内容及要求

（1）熟悉与掌握标准和规定要求

紧固件的产品型式尺寸和基础技术性要求及规范繁多而复杂，要熟悉所检验的一项或多项特性的规定要求（质量标准）的内容，并将其转换为具体的质量要求、抽样和检验方法（PQP 质量计划和检验指导文件）以及采用的测量仪器和专用量具，通过对规定要求（质量标准）的具体化，使有关人员熟悉和掌握什么样的产品或半成品是合格品，什么是不合格品。

企业执行的质量标准分为验收标准和内控标准两类。验收标准用于供需双方产品交货时使用；凡公开发布的标准，无论是国家标准（GB、ISO、DIN、EN、ASTM）、地方标准、行业标准还是合同规定的特殊要求，都是验收标准。

随着工业高新技术的发展、法规的完善，用户对工程和产品质量、可靠性和批量稳定性提出了较高的要求。近几年欧美国家紧固件标准变更速度较快（ISO、ASTM 每年变更标准），为此，企业要有一套更切实、更可行的检验手段，以满足标准和用户对质量的要求。

（2）编制企业内控标准

企业内控标准是生产过程中进行检验时使用的标准。内控标准是验收标准的基础，如工序技术文件、工艺图样、作业指导书和质量要求，是根据生产工艺水平、生产能力，适当高于国家或国外验收标准的要求。但内控标准也并不是无原则加严，过严则错杀很多合格品，使生产成本提高，过宽则失去了内控标准与验收标准的差异。内控标准也反映了企业技术能力和管量水平，适当的质量控制标准和好的质量水平是企业竞争的手段，所以内控标准属于企业的生产机密。

（3）编制“制造过程计划（MPP）”和“产品质量计划 （PQP）”

按 GB/T90.3—2010《紧固件　质量保证体系》标准规定了紧固件制造者在保证体系中应遵循的要求，为了防止出现不合格紧固件产品，实现指定的紧固件质量特性接近于零缺陷的质量目标。近几年，欧美的紧固件验收检查标准提出了材料和过程质量控制的保证要求，对最终成品可接收质量水平达到“零”缺陷。

企业要推行现代化的质量控制管理模式，在生产前要编制“制造过程计划（MPP）”，即可操作的、详细的、按工序顺序排序的过程工序计划。紧固件生产工序多、转序多，生产制造要严格按 MPP 计划进行加工、试验和检验。MPP 应包括制造过程中各相关的过程（工序）和最终检验过程（工序），在过程中每步应包含工序的可操作性说明。

编制“产品质量计划 （PQP）”，内容包括怎样操作、怎样检验、工序过程（方法）的操作、操作理由（或目的），以及什么时候、由谁来进行试验和检查等内容。PQP 还应列出在生产期间可适用的评审、试验、检查和其他文件，保证质量检验有效、有序地运行。

（4）测量

测量是按标准规定或企业特有的方法，采用测量装置或理化分析仪、材料试验机、硬度机、低温冲击机、螺纹量规、螺纹三针测量仪、粗糙度检测仪、镀层测厚仪、轮廓仪、盐雾试验箱和扭矩系数试验机等仪器设备，对产品的一项或多项特性进行定量（或定性）的测量、试验或度量。

测量首先要保证所用的仪器和试验设备处于受控状态。ISO 9000 标准中明确

规定为：测量和监控装置的使用和控制应确保测量能力与测量要求相一致。

（5）比较

比较就是将检验结果与规定的要求（质量标准）相比较，然后观察每一个质量特性是否符合要求。

企业对生产的产品进行检验时必须严格执行内控标准，编制 PQP 产品质量计划和具体的检验方案、要求、步骤和方法，指导工序、半成品和成品的质量检验。企业的内控标准不能随意降低要求，以确保企业的质量信誉和市场竞争能力。

（6）判定

对检验的产品质量进行判断，分为符合性判定和适用性判定两种。

符合性判定，经测试和检验的结果与标准和内控标准的要求进行比较，判断检验的产品合格或不合格。符合性判断是企业检验部门的职能。

适用性判定，就是对符合性判定为不合格的产品或原材料进一步的确认能否适用的判定。适用性判断不是检验部门的职能。

由于紧固件生产（冷镦或热镦）、热处理（可淬性和淬透性）的工艺特点及产品标准、力学性能等级对材料质量的要求比较高，对原材料的适用性判断是企业技术部门的职能。对适用性判定之前必须进行试验，只有确认对后续工序或最终产品质量特性不会有影响时，才能做出适用性判定。

对成品检验中发现质量特性不符合标准规范要求，而特性偏差对产品在实际应用中的影响不是非常关键（如杆部或头部厚薄、螺纹止规多了几牙的质量特性偏移）时，应及时向用户提出通报。注意对产品适用性的判定只能由顾客做出或取得同意，并加以特别的标识进行定向销售。

（7）处置

检验工作的处理阶段包括：①对批量的合格产品，转入下道工序或入库。②对不合格产品的处置，分供方处置和顾客处置两种情况。③处置记录应符合规定的要求，并应予保存。

1）供方选择的处置方案。供方拥有对不合格材料或不合格产品进行以下处置的选择权：①可将它们报废。②可对它们作 100% 的挑拣，剔除所有不合格品。③可对它们重新加工或重新处理，以纠正不符合要求的特性。④如果供方不是产品最终制造者时，可将不合格产品退回制造者处。⑤要求的偏差由最终用户确定。如果最终用户认为产品特性的偏差值，在实际应用过程中作用不明显的话，可以

另行确定一个偏离值，同时弃用已完成的部分生产材料（成品或半成品），并暂停出运。

2）买方选择的处置方案。买方与供方就收到货后发现不合格品时可达成以下协议：①可将它们报废。②可对它们作 100% 的挑拣，剔除所有不合格品。③可对它们重新加工或重新处理，以纠正不符合要求的特性。④如果买方认为特性的偏差，对产品在实际应用中的影响不是非常关键时，可以接收产品或材料，并对供方提出忠告或建议。⑤可将它们全部退回。

（8）记录

所测量的有关数据按记录专用格式和要求认真做好记录。质量检验记录文件按企业的质量手册和程序文件要求进行管理。

美国工程师协会 ASME B18.18《紧固件质量保证》、国际 ISO/DIS 16288《紧固件 检验证书文件》和欧盟 EN 14399-1《预载荷用高强度结构螺栓组件—第 1 部分：一般要求》标准规定：工序检验记录文件至少保存二年，热处理工序记录和成品质量检验证书文件至少保存十年。

对不合格的产品的处理应有相应的质量记录，如：返工单、回用单和报废单等。

3.5.2 紧固件抽样检验

紧固件是大批量规模生产、批量交货，有时产品批量最大可达几十万件，验收标准规定的尺寸和力学性能等检验项目多，有些项目还要进行破坏性检查，若进行 100% 的检查需要极高的成本，既不经济，又不现实。在交货时对紧固件的验收检查，采用抽样检验来评判，作为双方验收和判定产品的依据。

抽样检验程序是按一定验收规则，从交货产品中抽取一定量的样本进行技术检验得出检验结论，来评判产品质量的合格性。

在供需双方没有其他协议时，紧固件产品必须遵循 ISO3269：2000《紧固件验收检验》标准规定的验收程序，以确定一批紧固件的验收和拒收。

3.5.3 紧固件螺纹和螺纹检验

1. 紧固件螺纹

紧固件螺纹按计量单位和发明国，可分为三种：米制螺纹、美制螺纹、英制螺纹。三种螺纹的主要差异见表 3-1。

表 3-1　米制、美制和英制螺纹的主要差异

项　目	米　制（以 DIN 示例）		美　制		英　制	
牙　型	60° 牙底平或牙底圆弧		60° UN- 牙底平 UNR—牙底圆弧		55° 牙顶、牙底全部圆弧	
系　列	粗牙：M（d）细牙：M（d×P）		UNC、UNRC、UNF、UNRF、4UN、6UN、8UN、12UN		BSW、BSF	
公　差	外螺纹：5g、6g、8g	内螺纹：5H、6H、7H	外螺纹：1A、2A、3A	内螺纹：1B、2B、3B	外螺纹：紧（C）、中（M）、自由（F）	内螺纹：中等（M）、普通（N）
单　位	米制		英制		英制	
螺纹标准	DIN 13-1 ～ 15		ANSI.B1.1		BS 84	
量规标准	DIN 13-16、17		ANSI B1.2		BS 919-2	
螺纹检验	DIN13—18		ANSI B1.3		-	
主要使用地区	欧洲、澳洲、中国及日本		美国、加拿大、非洲、中东、澳洲		英国、中东、东南亚	

2. 螺纹基本齿型

螺纹的基本齿型见图 3-27、3-28、3-29。

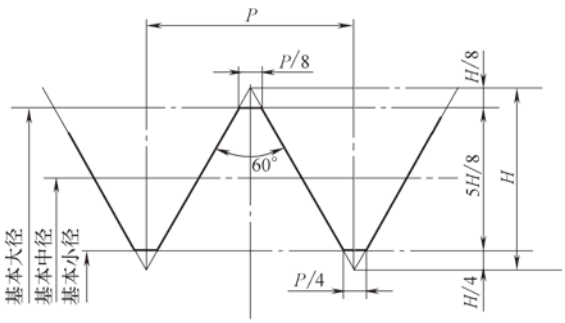


图 3-27　米制螺纹齿型 60° 角

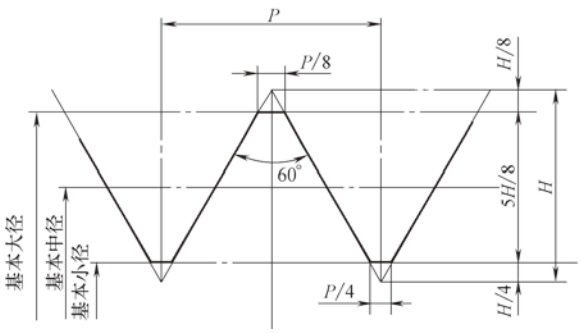


图 3-28　美制 UN 螺纹齿型 60° 角

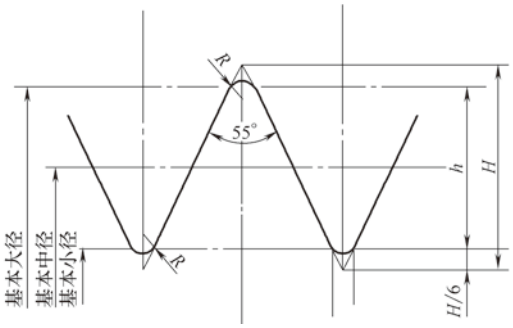


图 3-29　英制 BS 螺纹齿型 55° 角

3. 螺纹的配合和差异

三种螺纹的配合和差异见表 3-2。

表 3-2　螺纹配合差异

配合程度	公　　差					
	美制		英制		米制	
	外螺纹	内螺纹	外螺纹	内螺纹	外螺纹	内螺纹
紧密配合	3A	3B	C	M	5g	5H
中等配合 *	2A	2B	M	N	6g	6H
松级配合	1A	1B	F	N	8g	7H

* 中等配合是商品紧固件使用的螺纹配合。

4. 螺纹检验的争议

由于螺纹检测领域存在许多检验误区和方法的不统一性，在螺纹验收合格性的判定时存在较多的质量争议，在生产过程中也经常发生对同一紧固件螺纹检验使用新旧螺纹量规的“打架”现象。一直以来，螺纹各要素的检验和测量，包括作用在螺纹量规上用多大的力，以及判定螺纹的合格性等，争议是比较大的，各国标准规定得也不太明确。

为从根本上扭转这种局面，美国在螺纹检测方面进行了大量技术研究，在完善了紧固件螺纹检测体系标准和螺纹量规测量的不确定度的基础上，发布了 ASME B1.2-1983（R2007）《统一英寸制螺纹的量规和测量》、ASME B1.3-2007（2012R）《用于英寸制和公制螺纹（UN、UNR、UNJ、M 和 MJ）合格性的螺纹测量方法》和 IFI-166-2007《损伤螺纹的验收规程》3 个标准，明确了相

关的技术要求和规则，这是国际上较先进和完善的一套螺纹量规和螺纹检验方法标准。

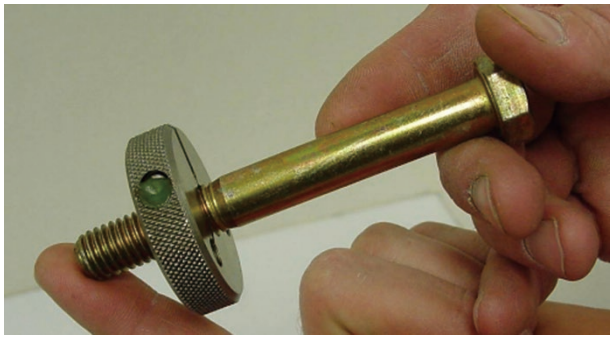


图 3-30　螺纹检验

5. 螺纹检验的目的

工程和工业应用上，紧固件螺纹配合均存在两个主要问题：①内、外螺纹能否顺利装配？即互换性或适配性问题。②装配后的螺纹能否承受一定负荷？即机械强度问题。

如果紧固件的内、外螺纹不能配合，就不能组装零件；如果装配后的螺纹不能承受一定负荷，或组装后早期就毁坏，就失去螺纹紧固的作用。所以螺纹的精度也确定了螺纹能否承载规定的强度。

6. 紧固件表面涂镀层与螺纹检验

在螺纹紧固件中，镀层得到了广泛的应用。镀层主要分为薄镀层和厚镀层两种。薄镀层一般是指电镀和非电解锌片涂层（达克罗）等；厚镀层主要是指热镀锌和机械镀锌等。二者对紧固件螺纹尺寸的影响是不同的，检验方法也有所不同。

由于电镀锌在紧固件螺纹表面有一层薄薄的镀层，同时受电镀过程中“屏蔽效应”的影响，内螺纹孔内的镀层比较薄，而且螺纹中间比两端镀层薄；外螺纹螺栓头部和螺栓末端的镀层比中间厚。由此镀层的不规则性影响螺纹的干涉与配合，同时由于镀层厚度在螺纹上对中径当量的影响是成 4A 倍的关系，所以不同镀层厚度对中径的影响要进行适当的调整。由于 g 或 A 级螺纹已预留一定的间隙，一般镀层厚度（5 ～ 8 μ m）的螺纹，不用预先调整螺纹尺寸，对更厚的镀层则要进行适当的调整。

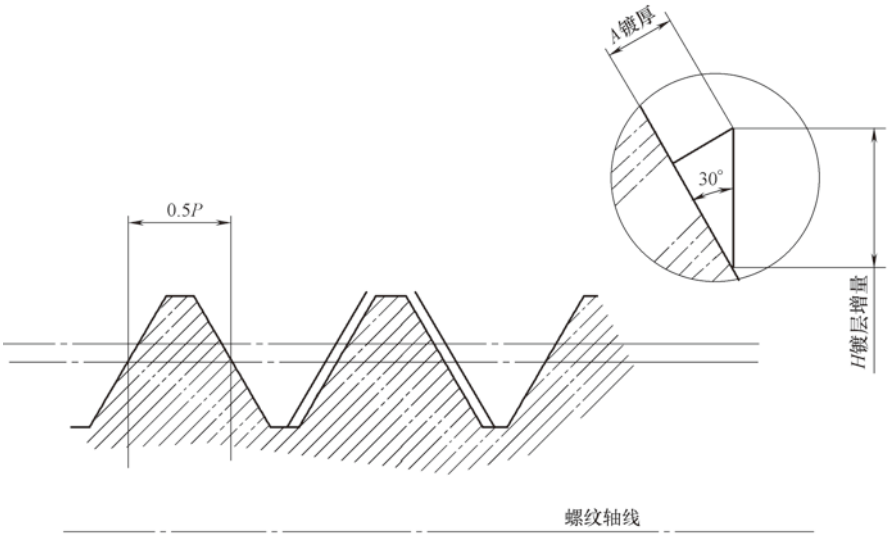


图 3-31　电镀锌螺纹验收和量规

7. 紧固件产品尺寸和几何精度检验

对紧固件产品的通用要求主要有：

（1）紧固件有完整的表面，棱角边不得有毛刺。通常，并不要求去除工艺小毛刺，螺栓支承面的小毛刺不高于垫圈面，超出支承面是不允许的。

（2）紧固件的表面不允许生锈，不能有明显的伤痕、开裂、发纹和掉边等缺陷。

（3）紧固件不经任何表面处理的要有一层薄油，外观表面不允许有黄锈斑迹。

（4）力学性能标准米制按 ISO 898-1、美制按 ASTM 和 SAE 的相应标准执行。

（5）紧固件几何尺寸符合标准要求。螺纹精度米制 6g 级、美制 2A 级。

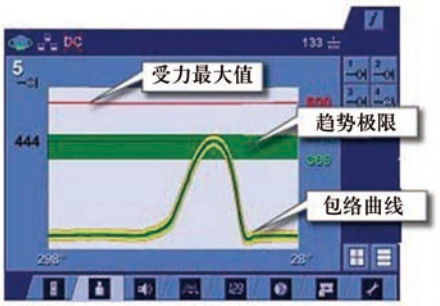
（6）10.9 级以下外螺纹紧固件表面缺陷按 GB/T 5267.1—2002《表面缺陷标准》执行。12.9 级外螺纹紧固件表面缺陷按 GB/T 5267.3—2008《表面缺陷标准》执行。

（7）表面缺陷一般用肉眼就能从外观上识别出来，有些缺陷并不会对性能产生影响，但会给使用者带来一定的心理影响，降低对产品的信任度。实际上，在贸易中对表面缺陷的判定并不是按标准作为检验依据，而是按贸易习惯、客户的要求和经验来判定的，还要确认表面缺陷对工程使用中可能会带来的影响程度。由于不同的客户、不同的订单要求的标准是不一致的，所以在出口贸易中，表面缺陷的判定要根据不同的贸易对象、不同的标准要求，按实际情况酌情掌握。

根据材料开裂的程度，分清开裂对产品影响的程度。按 ISO 3269—2000 标

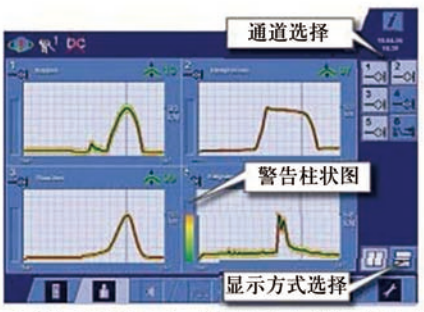
准来区分是否会造成使用功能性影响，如不影响或不会造成功能性损害则不应提出拒收。美国 ASME B18.18-2011《紧固件检验和质量保证》标准中规定在提交的货品中不合格缺陷在不影响产品功能，允许买方协商处理，如进行全检或加倍样品检验数量。

监控灯指示更加清晰：以精简的形式，监控灯指示激活的监控范围（最大力，曲线，趋势及声音）的实际状况（输入输出，报警和停机）。



结合面板提供所有的监控功能：最大力，趋势极限和一条或多个通道的包络曲线显示在混合面板里，在线可见设置错误和选择性的更改错误设置。

高容量的错误分析系统：所有的停机故障（日期，时间和相关的模具编号）将按协议记录下来，任何超过监控极限将被储存并生成详细的可获取的报告。



灵活得多通道显示：设计自己喜欢的面板布局。灵活的多通道显示允许单一混合达到8个过程信号。

图 3-32　BRANKAMP、SK 系统仪器操作界面示例

（8）模具保护

如果设备和其他的加工步骤中造成模具损伤，则会大大影响到最终效益。BRANKAMP、SK 系统能够提供最有效的保护，避免昂贵的模具受到损坏，从而降低成本和延长模具寿命。

（9）过程监测

BRANKAMP、SK 监测系统除持续地控制生产外，还对整个加工过程提供监视。BRANKAMP、SK 系统配有大显示屏幕，能够时刻观察加工过程。其特有的精确

数据处理能发现微小的误差，能够使机械设备更好地工作，提高模具的使用率和寿命。

（10）品质提升

高品质让产品具有竞争力，高品质也是抢占未来市场的决定性因素。为保证恒久的产品品质，需要升级设备。BRANKAMP 、SK 系统是保证恒久品质控制的理想设备，该系统可以避免产生次品并自动地筛选不合格品。

（11）优化使用

BRANKAMP 、SK 系统提供安全上的需求，能使工厂在休息时间继续运转，甚至于在无人值班的生产线上，把设备利用率提升到 100%，也能应用弹性工时做人力安排。

8. 紧固件的力学性能试验

（1）紧固件的力学性能体系和标准

紧固件力学性能标准是产品的基础技术标准，世界各国对紧固件力学性能规定了十分详细的技术条款和可操作的试验方法，已形成十分完善的、系列化的标准体系。

国际上，碳钢和合金钢紧固件的力学性能标准，有米制和英制两套标准体系。

米制碳钢和合金钢紧固件的力学性能标准体系是以 ISO 国际标准和 EN 欧共体标准为主，已等效或等同采用了 ISO 898-1/-2《紧固件力学性能》（GB/T 3098.1、GB/T 3098.2）国际系列标准。钢结构紧固件的力学性能标准以欧盟 EN14399-1/-2 标准为主。

美制紧固件力学性能标准是英制力学性能标准的总代表，以 ASTM 美国材料试验协会和 SAE 机动车工程师协会的标准颁布，与 ISO、DIN 标准完全不一样、不能等同互换，而且各协会间标准的内容相对独立、自成体系，又相互包容，内容十分丰富和完善。ASTM、SAE、ASME 可视作为美国准国家标准。

（2）紧固件力学性能试验

包括力学性能试验和功能性试验两个项目。

螺栓的力学性能试验方法标准：紧固件的力学性能试验在各国标准中都规定得十分详细，试验方法和程序操作性强、规范清晰。米制标准采用 ISO 898-1：2013，美制标准采用 ASTM F606：2014。

螺母的力学性能试验方法标准：米制标准采用 ISO 898-2：2012，美制标准采用 ASTM F606：2014。

9. 试验仪器及设备

（1）力学性能检测设备

紧固件的力学性能检测设备见图 3-33。

图 3-33　紧固件的力学性能检测设备

性能范围：0.5 级精度，0.98N ～ 600kN

（2）硬度检测设备

常用硬度机见图 3-34。

图 3-34　常用硬度机

洛氏硬度计：表面洛氏 HRT，HRN　洛氏硬度 HRA，HRB，HRC

布氏硬度计：载荷 187.5 ～ 3 000kg，压头直径 2.5mm，5mm，10mm

维氏硬度计：HV0.015 ～ HV50

（3）摆锤冲击实验设备

金属材料摆锤冲击试验设备见图 3-35。

图 3-35　金属材料摆锤冲击试验设备

VV 型缺口，U 型缺口冲击能量

（4）金相显微镜

图 3-36 所示为金相显微镜。

Carl ZEISS：25X-1000X 明场，暗场，微分干涉，偏振光。

范围：用于观察金属材料金相组织、组织、晶粒度评级、涂镀层厚度的测量等。

图 3-36　金相显微镜

（5）直读光谱仪

图 3-37 所示为直读光谱仪。

SPECTRO MAXx：测试基体 Fe/Cu/Al/Mg/Co/Zn/Sn/Ni/Ti。

用于固体、未知金属材料成分鉴定和金属材料材质分析，测量最小值为 0.001%，试样尺寸要求 ϕ6 mm。

图 3-37　直读光谱仪

紧固件组合件的功能特性检验标准规定了预载荷高强度栓接结构连接副（以下简称栓接连接副）预载荷适应性，以确保在金属结构中栓接连接副的预载荷适应性。预载荷适应性试验规定了校核栓接连接副特性的方法，以保证按有关规定的拧紧方法达到要求的预载荷及足够的安全系数，以防止超拧或断裂。

紧固件组合件的功能性试验有两个标准：EN 14399-2：2015、ASTM F3125：2015。

10. 紧固件表面处理检验

紧固件表面处理种类主要有：不处理、上油、发黑、热镀锌、电镀锌、达克罗、磷化处理和磷化皂化处理等。紧固件表面处理检验主要检查：外观、电镀层光亮度、镀层厚度、螺丝尺寸、涂层腐蚀强度、防腐盐雾试验、防氢脆试验、摩擦因数和扭矩系数等。

3.6 紧固件包装与标志

包装与防护是紧固件产品在制造、储存、运输过程中的一个重要环节。牢固、整齐、标志清晰、美观大方的包装和正确合理的防护，不仅便于运输、保管，确保产品在使用前保持原有的品质状态，而且直接构成了采购方或使用者对产品品质的第一印象。日本著名的质量管理大师狩野纪昭基于顾客的感受，从满足顾客要求的程度方面，将产品质量特性划分为三种类型：一种是顾客认为理所应当具备的质量特性，称为基本质量；另一种是顾客要求并希望提供的质量特性，称为一元质量；还有一种是满足客户潜在需求、超越客户期望、给客户带来惊喜和愉悦的质量特性，称为魅力质量。包装与防护除了以客户要求的方式保持产品品质状态、保证为客户提供应有的服务外，还体现了供应商对采购方或使用者的关注和关怀。从这个意义上来讲，包装和防护不再是产品的附属服务，而是对客户的一种感恩和回馈。所以，包装和防护所体现的既是基本质量特性，也是一元质量特性，但更多的是魅力质量特性。

紧固件制造企业通常将其产品的包装与防护分为半成品防护和成品包装。半成品防护是对半成品紧固件的简单防护，避免其在制造、周转或短暂储存的过程中发生碰伤、划伤、磕伤、污染和腐蚀等情况。成品包装通常采用内包装和外包装相结合的办法，其作用在于避免成品紧固件在长途或短途运输储存中发生碰伤、划伤、磕伤、污染、腐蚀、雨淋和水浸等不良情况。

紧固件包装与防护的基本要求是符合产品技术条件规定，并保障货物安全、便于装卸储运、交接检验等，同时符合科学、经济、美观的要求。

经成品检验合格的紧固件产品，即可进入生产的最后工序 —— 包装。包装包括内包装（小包装）和外包装（产品运输包装）。外包装以产品运输储存为主要目的，应符合 GB/T 90.2—2002《紧固件　包装与标志》的规定，即必须具有保障货物安全、便于装卸储运、加速交接点验等功能，并符合科学、牢固、经济、美观要求，以确保在正常流通过程中，能抗御环境条件的影响而不发生破损、损坏等情况，保证安全、完整、迅速地将产品运至目的地。小包装用于商品陈列或直接取用，更侧重于美观、方便和牢固。

需要注意的是，紧固件产品上的标志应符合国家标准、行业标准的规定，其中“紧固件制造者识别标志”（或“紧固件经营者识别标志”）有别于商标，属于标准化与产品质量范畴，应经全国标准化机构统一协调、确认并予公告。

近年来，随着社会的发展，对包装材料在符合环境保护、检验检疫、材料力

学性能、经济管理等方面的要求越来越高。特别是在出口贸易中，因包装、防护不善而引起的索赔案例也时有发生。因此，应对产品包装与标志必须给予足够的重视。

3.6.1 对包装场合及产品的要求

包装场合须保证整洁、有序。从包装材料库（或供应方）送来的物料，应整齐地放置在工作台（或场所）附近并标记清楚。包装前后的产品，应放置在规定区域，并有明显的标志。包装工作台和包装机械布局与包装流程一致，包装工序间的输送通道应合理顺畅。

由于潮湿将大大影响紧固件的表面状态，使镀覆件容易失去光泽或使本色件生锈。因此，包装车间或包装场合应符合 GB/T5048—1999《防潮包装》和 GB/T4879—1999《防锈包装》中关于包装环境的要求，即清洁、干燥，温度不高于 35℃，湿度不大于 75%，温度不应有剧烈变化，以避免发生凝露现象。

包装前的紧固件产品必须具有成品检验合格证。一般应在包装车间设立挑选工序，以确保产品在装入包装盒（袋、箱、桶）前无污垢、杂物、金属屑、混杂品及其他不良品。包装前的紧固件必须是干燥的，与室温一致，决不允许包装尚有潮气和余温的产品。

若成品系本色（即无镀、涂覆层）产品，则包装前应通过清洗机（见图 3-38）用柴油等进行清洗，然后通过离心机（见图 3-39）甩干并尽快包装（若需相隔一段时间，则须妥善保管，并采取临时的防潮保护措施）。

在正常的运输保管条件下，生产厂应保证产品自出厂之日起半年内不生锈。

图 3-38　清洗机

图 3-39　离心机

3.6.2　包装材料

包装材料、辅助材料均应符合有关国家标准的规定，无标准的材料须经试验验证，其性能应能满足流通环境条件的要求。常用包装材料及辅助材料有箱纸板、木材、塑料和金属辅件等。各类包装材料如图 3-40 所示。

图 3-40　各类包装材料

3.6.3 包装工具与器械

常用的包装工具有：

（1）手提式捆包机和接头夹钳。先进的电动钢带捆包机，可在钢带上压出阴阳扣而不用接头；先进的手提式塑料带捆包机，有电动拉紧、电热粘结一次完成等多种类型。

（2）液压手动搬运车，其他手推车。

（3）木工、钳工工具，如锯、锤、锉、刨、钢丝钳及螺钉旋具等。

包装机械中必备普通 3T 叉车。如果在厂内装集装箱，需配备叉子可左右移动的叉车。

塑料袋封口用的电热封口机，捆扎纸箱、木箱用的自动捆包机，用塑料薄膜缠绕打托盘的托盘自动裹包机等。

3.6.4 包装检验

包装检验首先要核查成品紧固件是否已经检验合格，然后对包装涉及的项目，进行逐一检验。包装检验包含以下各项：

（1）包装材料是否符合规定（或符合客户特别要求）。

（2）包装容器是否符合合同的规定。

（3）托盘是否符合合同的规定。

上述三项一般在材料入库时验收，平时只需核查。

（4）计量器具是否准确并在检定有效期限内（此项一般在计量检定时进行，平时只需核查）。

（5）计量折算是否正确，必须经常抽查。

（6）包装工艺是否规范。

（7）包装品质检验，如小包装封口是否可靠、箱（桶）和托盘的捆扎是否紧密并齐正、接头是否牢固、托盘上码放的箱（桶）是否整齐并垂直、托盘捆扎是否偏斜等。

（8）印刷的标志和所贴标签内容有无差错、标签是否钉（贴）在醒目处、是否端正牢固。

（9）出货前检查包装外观有否受潮、破损、被污染等情况，特别是经过一段仓库保管时期后的货物。若库存时间较长，还须开封抽查，不仅检查包装是否变形、霉变等各种不良情况，还应开箱打开塑料袋或小包装，查验本色紧固件有无生锈迹象或趋势，电镀产品有否失去光泽或变色等。必要时，应督促加补防锈

油或更换防潮剂，甚至重新进行清洗或表面处理。

总之，包装检验的责任应延伸到货物发送。出口产品还需延伸到集装箱封箱或发运至港口仓库前。企业可根据实际情况，制订包装检验规程和细则，遵章执行。

3.7 “互联网 +”数字工厂在紧固件行业的应用

3.7.1 “互联网 + 工厂”背景下的包装自动化及发展趋势

随着技术进步，生产效率和包装品质要求的提高，手工包装越来越多地被自动包装机械所替代。纸箱成形机、自动套袋包装机、自动正反面贴标签机、侧带或全自动封箱机、全自动无人化捆扎机、堆码机、全自动穿剑式捆扎机、全自动水平式捆扎机和缠绕机等这些包装机械，可组成一条无人自动化包装流水线，如图 3-41 所示。

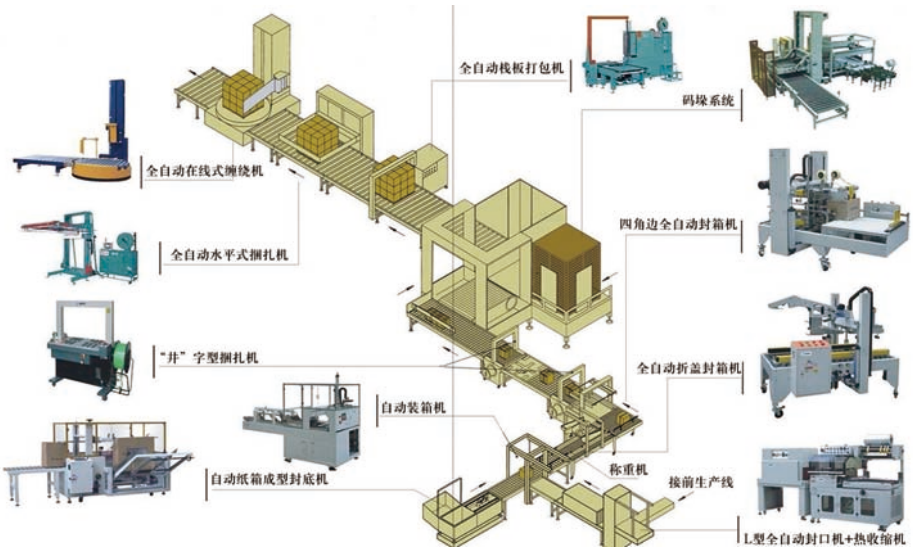


图 3-41 无人自动化包装流水线

3.7.2 数字化设计与制造技术在紧固件行业的应用

国内紧固件企业针对本行业的生产特点，通过多年的摸索、创新，以数字化设计及制造为核心，打造数字化的产品研发设计、数字化的制造过程规划、数字化的制造执行管理，形成了数字化的集成管理平台和数据中心。

（1）数字化研发协同平台建设

以 PLM 生命周期管理平台为产品研发和数字化制造协同管理的统一基础平台，配套建设 MPM、MES、ERP、核心应用软件系统。集成应用三维 CAD、CAE、CAM、模拟仿真等设计、仿真分析工具类软件套件，并建设产品数据、工程数据、制造数据、实验数据的数据库，对其统一管理。

（2）数字化制造过程平台建设

以 MPM 系统为依托，利用数字化制造技术提升产品的工艺规划、设计、验证水平，提升产品的制造质量和效率，打通基于工程模型的三维产品设计、工艺设计与数字化制造、装配及仿真单元之间的集成链路。

（3）数字化制造执行平台建设

以 MES 系统为依托，使企业的数字化制造规划与相关技术在生产现场得到实际执行，实现对生产现场制造过程的精细化、实时化、透明化和可视化管理。

（4）数字化运营平台建设

以 ERP 为企业运营管理的基础平台，将企业内部所有资源整合，对营销、采购、生产、库存、质量、成本、财务和人力资源等进行统一管理与规划，从而达到最佳的资源组合，取得最佳效益。

（5）企业数据中心

以决策支持分析为核心应用，以数据仓库技术和数据交换技术为支撑，构建元数据和主数据管理视图，从 PLM/ERP/MES 等数字化应用系统中进行数据采集加工和数据交换，实现数据的统一管理、共享、交换与分析的企业级数据支撑平台。通过对数字化设计与制造技术的应用及高效集成，企业信息实现“数出一处，动态更新、响应，全局共享，实时闭环反馈，全程可回溯”。

通过与业务紧密结合，不断深入的应用，企业数据中心达到以下应用水平：

1）设计。建立完善的产品数据组织模型，建立统一的产品数据库，工艺编制结构化、规范化，信息高效集成，实现 CAX 无缝集成，使三维设计、工艺规划、优化分析、加工仿真一体化，有效完成产品零件生产制造前的所有工作，保证生产量。

2）制造。共享 PLM、CAPP、CAX 数据，指导生产，集中实时监控加工现场情况，并根据现场生产设备生产能力，有序、科学地计划排产。对工序过程、物料流转、设备运转情况、工装辅料和生产质量等环节进行全面、有序的控制和管理，实现生产过程最大程度的透明化、可追溯化，最大程度地提高生产效率。

3）管理。对销售订单、计划、生产、成本、质量、财务、人力等统一进行管理，集物流、人流、财务流、信息流于一体，辅助管理与决策。

3.7.3 数字化设计与制造技术在紧固件行业的发展

随着紧固件产业的发展及技术的不断创新，在数字化设计与制造方面的发展趋势主要包含以下几个方面：

（1）利用基于网络的 CAX/PLM/MPM/MES 集成技术，实现产品的数字化设计与制造。在 CAX 应用过程中利用 PLM 技术实现并行工程，可以极大地提高产品开发的效率和质量。企业通过 PLM 技术可以进行产品功能配置，利用系列件、标准件、借用件和外购件以减少重复设计。在 PLM 环境下进行产品设计制造，通过 CAX/PLM/MPM/MES 等模块的集成，实现产品无纸化设计和全数字化制造。

（2）CAX/PLM/MPM/MES 技术与 ERP、SCM、CRM 等管理系统相结合，形成制造企业信息化的总体构架。CAX/PLM/MPM/MES 技术主要用于实现产品的设计、工艺和制造过程及其管理的数字化，ERP 实现企业产、供、销、人、财、物的管理，SCM 实现企业内部与上游企业之间的物流管理，CRM 帮助企业建立、挖掘和改善与客户之间的关系。上述技术的集成，可以整合提升企业的管理，建立从企业的供应决策到企业内部技术、工艺、制造和管理部门，再到用户之间的信息集成，实现企业与外界的信息流、物流和资金流的顺畅传递，从而有效地提高企业的市场反应速度和产品开发速度，确保企业在竞争中取得优势。

（3）虚拟设计、虚拟制造、虚拟企业、动态企业联盟、敏捷制造技术的应用，形成虚拟的环境、虚拟设计与制造过程、虚拟的产品、虚拟的企业，从而大大缩短产品的开发周期，提高产品设计开发的成功率。特别是网络技术的高速发展，企业通过国际互联网、局域网和内部网，组件动态联盟企业，进行异地设计、异地制造，在最靠近用户的生产基地制成最终产品。

（4）以提高对市场快速反应能力为目标的制造技术将得到超速发展和应用。瞬息万变的市场促使交货期成为竞争力诸多因素的中的首要因素。因此，许多与此有关的新概念、新技术将得到迅速的发展和应用，其中有代表性的是模块化设计技术、快速资源重组技术、大规模远程定制技术和客户化生产方式等。

第 4 章

世界紧固件产业发展概况

4.1 主要先进国家紧固件产业发展历程

紧固件可分为螺纹紧固件和非螺纹紧固件两大类。螺纹紧固件主要有螺栓、螺母、螺钉、螺柱、自攻螺钉和木螺钉等，非螺纹紧固件主要有垫圈、弹簧垫圈、挡圈、键、销和铆钉等。螺纹紧固件基本上占紧固件总量的 70%，其中又以螺栓和螺母为多，因此螺栓和螺母成为紧固件的标志性产品。

4.1.1 紧固件产业发展大事记

2 世纪，中国西汉时期被发现使用钉子，最早运用于船舶。

3 世纪，阿基米德螺旋被用于灌溉田地。

5 世纪，中国隋朝广泛采用榫接结合铁钉钉联的固定方式。

15 世纪，发明了螺钉，发明者不详。

1550 年，木匠们使用木螺钉把家具和建筑物连接起来。

1579 年，法国的杰克·贝森研制出了螺纹加工机械。

16 世纪，发明了带螺旋线的钉子。

16 世纪，军械工人使用一种带凸片的小型工具来调节步枪，这是螺钉旋具的雏形。

16 世纪，从手表到枪炮，螺纹紧固件应用到各行各业。

1780 年，螺钉旋具（旋凿）出现于英国伦敦。

1780 年，英国伦敦装配厂商引进了有较长凸片的螺钉旋具，称为“伦敦牌”。

1790 年，钉子开始广泛制造和使用。

1810 年，英国用机器制造螺钉。

1840 年，内特尔福德将木螺钉改进成带尖的。

1841 年，世界上第一份螺纹国家标准制订。

1860 年，英国螺钉总产量达到 700 万枚。

1864 年，美国的威廉·塞勒发明了牙型角为 60° 的英制螺纹，并作为塞勒螺纹而得到普遍推广。

1883 年，美国国民公司制造了螺栓镦头机。

1905 年，英国人泰勒发明了螺纹量规设计原理。

1905 年，中国上海洽怡兴铁铺生产出毛螺栓和毛螺母。

1936 年，亨利·M·飞利浦发明了十字螺钉。

1947 年，ISO 成立了紧固件技术委员会（ISO/TC2）。

1956 年，中国从苏联引入紧固件锻造工艺技术。

4.1.2 欧洲、美国紧固件发展历程

螺纹紧固件是根据一定尺寸进行制造的，它通过外螺纹和内螺纹的相互配合来发挥其基本功能，正是利用螺纹紧固件的这种功能，使螺纹紧固件在物体与物体的连接和紧固以及物体的移动等方面起到巨大作用。

关于螺纹的起源问题，至今仍众说纷纭。欧洲最原始的螺纹是在木棒上刻有螺纹形状，被用在螺纹压榨机（螺旋压力机）上，作为榨取橄榄和葡萄果汁的工具，出现了把水从低处引向高处的灌溉用螺旋扬水机所使用的阿基米德（公元前 278—212 年）螺纹，从意大利庞贝遗迹中出土的青铜医疗钳子使用了相当精巧的微动螺纹。这些螺纹的功能都是把旋转运动变成直线运动，与我们现在生产的紧固螺纹的概念不同。

近代螺纹的出现是在欧洲文艺复兴时期。16 世纪初，莱奥诺德·达·平齐所发明的螺纹乃是螺纹制造史上的一大飞跃。在他的遗稿中画有各种螺纹加工机械的设计图，其中还可以找出与现今的螺纹加工机械以及丝锥、板牙相似的图样。

1579 年，法国的杰克·贝森研制出了螺纹加工机械。18 世纪中叶，英国的沃特兄弟，通过亨利·毛兹来由其弟子威氏提出了牙型角为 55° 的螺纹，从而使一直处于混乱状态的螺纹牙型得到了统一，并形成了一个体系。以后又逐渐发展成了美国标准，作为威氏螺纹，除用于英国制造的机械外，还在全世界得到了应用。

1864 年，美国的威廉·塞勒对威氏螺纹进行了改进，发明了牙型角为 60° 的英制螺纹，并作为塞勒螺纹而得到普遍推广。塞勒螺纹被美国标准采用后，改称为 US 螺纹。第二次世界大战期间，美国、英国、加拿大三国根据武器所用螺纹的互换性的需要，经过协商又将该螺纹发展成为尤氏螺纹。

除这些英制螺纹外，1898 年，在法国又制造了牙型角为 60° 的米制 SI 螺纹，并被广泛使用。该螺纹即是现在普及的米制螺纹的前身。

1874 年，建于美国俄亥俄州克利夫兰的美国国民公司，设计制造的第一台产品是由 W.R. 安德逊设计的螺纹切削机，可加工螺栓和管子螺纹，直径范围为 4.7 ～ 25.4mm。

随着国际交流的加深和国际贸易的扩大，人们对螺纹互换性的要求越来越强烈，在国际上出现了要求把螺纹统一起来的趋向。在 1928 年成立的国际标准化协会（ISA）的基础上，1947 年设立的国际标准化机构紧固件技术委员会（ISO/TC2），推进了国际标准化工作的进展。

由于螺纹的标准化增加了螺纹紧固件的均一性、互换性和实用性，从而推动了紧固件在机械工业和军事工业上的广泛使用，并使紧固件品种迅速扩大。螺纹紧固件使用的年代可以追溯到远古时代，但紧固件工业应从 20 世纪 20 年代制造木螺钉及粗制螺母、螺钉开始逐步发展，特别是 20 世纪 50 年代的飞速壮大，已具备了制造各种类型紧固件的规模与能力。

回顾这段历史，可以看出螺纹已有 2000 多年的历史，但是紧固件真正进行工业化生产，拥有成千上万个品种，进入各行各业，成为不可缺少的螺丝钉，还是近一百年的事情。特别是近五十年来，冶金工业、机械工业、电子工业的迅猛发展，带动了紧固件产品的升级换代和紧固件工业的不断进步。21 世纪的主导产业将以光电子产业、信息与通信产业、健康与福利产业、环境与新能源产业为四大支柱。围绕这些支柱产业就必须有非常发达的制造业，作为主机的基础零件 —— 紧固件也必然有其配角的位置，而且是不可缺少的零件。

4.1.3 日本紧固件发展历程

迄今所知，1543 年是日本螺纹紧固件的起源年份。大概是从九州和种子岛传入的火绳枪，经过模仿制造形成了日本国产化火绳枪。这种火绳枪枪身尾底上的带螺纹尾栓，是日本最早制成的螺纹钉。据日本螺丝工业协会介绍，目前尚未发现还有比这更早的资料。当时，螺纹钉的制作方法可能是采用热锻进行制造的。关于这一点，日本螺丝工业协会火绳枪螺纹调查委员会还在进行调查研究。

几乎和火绳枪同一时期，从欧洲引进了钟表，经过模仿日本时制，制成了日本和式钟表，钟表中应用了螺纹，现今保存下来的钟表可以证明。从此，钟表匠人便开始用手工制造少量的螺钉。

由于日本江户时代德川幕府推行闭关自锁政策，螺纹零件始终未能从欧洲传入，加之禁止枪炮的制造，使螺纹紧固件的制作技术一直处于落后状态，直到幕府末期、明治维新前夕，才发展了螺纹紧固件制作技术。幕府末期，由于欧洲蒸汽轮船航行到日本，因枪炮制造和造船的需要，螺纹紧固件作为枪炮和船舶的基本零件开始大量制造。但是，螺纹紧固件的制造真正开始走向工业化道路是在大正元年（公元 1912 年）以后。

1963 年 9 月 23 日，日本通产省以政令 337 号文的形式，明确了紧固件制造业为日本“中小企业现代促进法”的涵盖行业。1964 年 8 月 12 日，日本紧固件制造业现代化基本计划制定并由通产省告示。为此，日本紧固件行业开始了全行业五次全面改造计划，2001 年为日本紧固件行业第五次全面改造计划最后一年。经过多年的全面改造，日本紧固件行业的技术水平得到极大提高，生产规模也有了很大的发展。

目前，日本紧固件年产值超过 8 000 亿日元，年产量近 300 万 t，其中向国外出口约 3 000 亿日元。生产这些紧固件的企业约 3 000 家，从事生产的职工人数约 5 万人。

从日本紧固件的需求情况来看，汽车和车辆等运输机械需求最多，其次依序为家庭和重工业使用的电气机械、一般机械、土木建筑、木工家具、精密和光学仪器等。

据日本螺丝工业协会的速报，2013 年 1 ～ 12 月日本的螺钉生产量为 287.5 万 t，比 2012 年下降 3.0%；产值为 8 371.81 亿日元，与 2012 年相同。即产量减少，产值持平。

另一方面，2013 年 1 ～ 12 月的螺钉类（铆钉、模具固定销、开口销，以及其他螺钉切割前的产品除外）的进口量为 25.4 万 t，比 2012 年增长 12.0%；进口额为 837 亿日元，比 2012 年增长 28.1%，重量和金额均大幅度增加。出口量为 33.1 万 t，比 2012 年增长 2.5%，出口额为 2 752 亿日元，比 2012 年增长 11%。

据日本螺丝工业协会国际委员长大川克良先生分析，紧固件进口的增加，与主要用户的生产基地向海外转移、海外生产的扩大引起国内市场呈缩小倾向和进口产品比率增大相关，这也是国内生产减少的主要原因。

4.2 世界主要先进国家紧固件发展特点和水平

4.2.1 世界主要先进国家紧固件工业历史悠久

18 世纪中叶，在以机器大工业为标志的产业革命之后，英国工业制造业超速发展，并在炮舰政策开路下抢占甚至垄断了世界较大范围的市场，形成了英国一统天下市场的局面。19 世纪末和 20 世纪初，英国经济日趋衰落，美国经济迅速发展起来，取代了英国。第二次世界大战后，继而发展起来的日本，也充当了“世界工厂”的角色。作为机器装备中的基础件，紧固件也伴随英国、美国和日本的工业发展同步发展。

美国生产自动锻压机的主要企业是国民机械公司（National Machinery Company），至今已有140年历史，它生产的自动锻压机品种规格多，系列齐全，性能优良，在国际市场上声望最高。该公司1874年建于美国俄亥俄州克利夫兰，当时有职工10人，第一台产品是由W.R.安德逊设计的螺纹切削机，该机重409kg，转速100r/min，用带传送动力，可加工螺栓和管子螺纹，直径范围为4.7～25.4mm。1882年，该公司迁到蒂芬（Tiffin Ohio），厂房面积90m×30m，有包括20台铣床在内的较先进的机械设备。1883年制造了当时声誉很高的螺栓镦头机、螺纹切削机和螺母热冲压机。大部分机器都是连续运转的，加工螺栓一般采用圆铁料，经多次镦锻，头部是热锻成形的。螺母的加工通常是热冲压办法，采用长方形条料，用热切断和热冲压办法，加工出螺母之后再送到打毛刺机上，将冲压出的坯料毛刺除掉，最后送到螺母攻螺纹机上攻螺纹。到1908年，该公司扩大了厂房，拥有154m长的车间，并装上了先进的钢梁结构吊车，其机床设备都装上了电动机，取代了原来用中心锅炉房蒸汽发动机驱动机器。由于电动机出现，该公司开始设计制造直接由电动机带动的机器。1910年发明了“National摩擦滑动离合器”装在飞轮上，控制机器运转。1922年前后，正值铁路发展的全盛时期，该公司生产的大部分机器都是制造铁路上使用的大螺栓、螺母和类似件。同时还为铁路工厂制造车辆联杆机、边钉机、辗尖机、立式搓丝机和攻丝机。1925年已生产出较先进的锻造冷镦机和自动送料的温镦机，每分钟生产200件螺栓，生产的螺母最大直径达50.8mm。1928年制造了第一台用夹钳自动转送工件的锻造机，还专门制造了热锻造机。1930年到1940年的十年中制造了大型压力机、钢球冷镦机、双行程冷镦机、长行程冷镦机、万能冷镦机、多工位冷镦机和螺栓联合机。1931年生产的第一台自动冷镦机，至今仍然在使用。到20世纪40年代，该公司规模扩大了3倍，人员增至500名，生产的冷热镦机已是世界闻名，其中有空心铆钉冷镦机、螺母冷墩机。这种螺母冷镦机装有一套灵活的翻转夹钳，它在工位间转送毛坯时能够翻转。进入20世纪50年代开始生产现在形式的多工位冷成形机，同时也生产螺母热镦机，它用于制造合金钢螺母，为当时建造摩天楼和桥梁使用。在20世纪50年代，该公司完成了全新的五工位螺栓联合机系列的生产并制造了大型螺栓联合机，可加工38mm的螺栓，每分钟能生产38件。在这一时期，复杂件冷成形的理论对指导当时的生产起了很大的作用。为了适应五工位或六工位冷成形工艺要求，改革夹钳使其更加灵活，以满足这一要求。生产了火花塞、气动液压件、管接头、链条滚子、活塞销、轴承环、缓冲件、电缆卡子和齿轮毛坯

等许多复杂工件。1961 年制造了当时最大的 8 000t 超重压力机。1971 年又制造了世界当时最大的 11 000t 超重压力机，该机重 1 088.6t，高 11.3m，曲轴重 50 多 t，大齿轮直径 5.5m，这台机器由该公司设计，日本住友公司制造，是自动锻造生产线中的关键设备。该公司从 1966 年开始采用电子计算机来管理生产，用于缩短装配时间和消除生产障碍，对于重要的大型铸件用超声波探伤，检查工件内部强度，模具人员用大型投影仪检查尺寸和形状。用电子解析仪进行床身应力试验的克拉斯堡分公司（CLAKSBURG）和伊利诺伊州洛克弗德分公司（ROCKFORD）加入该公司，西德的库尔巴赫分公司（KULMBACH）以及日本的福井分公司先后也被收购并入该公司。这样该公司扩大了其国际贸易市场，成为一个大型跨国公司。由此可见，该公司从单击、双击到多工位，从短行程到长行程，从螺栓、螺母简单件成形到复杂件成形，从一般速度到高速，从冷成形到热成形，形成系列稳定发展。

荷兰内德史罗夫公司（Nedschroef）1894 年在 Helmond 创立，至今已有 120 多年。它以制造船用螺钉起家，逐步发展成为一家集团性质的控股公司。2014 年，该公司拥有 1700 名员工，集团总销售额超过 5 亿欧元。

日本阪村机械公司（SAKAMURA）成立于 1897 年，有近 120 年历史。德国佩尔策－埃勒斯公司（PELTZER-EHLERS）创建于 1888 年，有近 130 年历史。意大利萨克玛公司（SACMA）成立于 1939 年，也有 76 年历史。

4.2.2 世界主要先进国家紧固件工业经验丰富

由于欧美国家紧固件工业历史悠久，生产管理技术经验丰富。就航空紧固件来说，一个主要特征是“轻”，但更主要的要求是“绝对可靠”。紧固件工厂在该领域完善的管理经验和健全的质量保障体系就显得十分重要。

美国 Alcoa 公司是近年来由多家从事航空航天等紧固件制造的厂商整合而成的，其主要产品包括铝合金、合金钢、耐蚀钢、耐热合金、钛合金及其他超级合金等材料的公制及英制螺栓/螺钉、螺母、单面紧固件、快卸紧固件、镶嵌件和柱塞、环槽钉紧固系统、螺栓紧固系统、特殊铆钉等，该公司在航空紧固件中占据了重要地位。

意大利卡锣萨尔维股份有限公司（CARLO SALVI S.p.A）1939 年成立，已在全球生产并销售了 4 000 多台紧固件专用设备。该公司拥有一个专业的研发团队，能够根据顾客不同需求，研发并生产高效、高精度的冷热专用镦锻设备和相关模具，并能为顾客提供设备安装、检查和维修服务。

4.2.3 世界主要先进国家紧固件工业技术领先

原美国德事隆紧固系统集团（Testron Fastening System，简称 TFS）的宣传语是“领导全球紧固技术（A Global Leader in Fastening Solutions）”，这一方面体现了它的雄心与目标，另一方面全公司上下也都在向这一目标努力。事实上，由于美国、德国等国家工业化起步早、基础厚，在紧固件技术方面一直处于领先地位。

原美国德事隆紧固系统集团创立于 1923 年，是全球最大的紧固件设计、销售和生产厂商，它能提供全世界最完整系列的产品，全面解决紧固难题。德事隆集团向全球几乎所有的汽车制造商提供配套服务，如通用、福特、克莱斯勒、宝马、大众、丰田及本田等。德事隆紧固系统集团生产销售的紧固件占全球紧固件市场的 5% ～ 6%，不仅是美国第一大紧固件公司，也是全球第一紧固件企业。它拥有 8 大公司，生产基地分布在全球 40 多个地方。除普通螺纹紧固件以外，还生产航空紧固件及安装工具、组合件、铆钉及安装工具、冷成形件、冲压件和注塑件等。该集团拥有多项专利，其生产水平代表了当今紧固件生产的领先水平。2006 年它改名为浩明环球科技总部（Acument Global Technologies）。

浩明环球科技总部位于美国密歇根州特洛伊市，是全球最大的紧固解决方案供应商，为客户提供价值含量高的紧固方案、工程紧固系统、世界级组装技术与库存管理及应用工程服务，为众多系列的工业产品提供不断创新的、低成本的紧固解决方案，它的 Avdel、Camcar、 Elco、 Flexalloy 等品牌为世人认同。浩明环球科技总部在全球 16 个国家设立了工厂和销售中心，共有 9 000 多名员工，为 150 多个国家的著名客户提供高质量的高附加值产品、系统和服务，如福特、雷诺、波音、微软、摩托罗拉、空中客车、通用、诺基亚、PSA、Daimler Chrysler 等，为全球客户提供高附加值的设计与组装方法。该公司主席 RICK CLAYTON 先生表示：“我们将把公司打造成为活化和强化品牌及其价值的基础，这样能让我们的产品更贴近客户需求、更能激发他们的兴趣。”

4.2.4 世界主要先进国家紧固件工业规模与布局相对稳定

经过近 200 年优胜劣汰的市场竞争及第一次世界大战和第二次世界大战的“洗牌”，欧洲和美国的紧固件布局已相对稳定。

日本紧固件生产地区大致分为以东京为中心的关东地区、以名古屋为中心的中京地区以及大阪周围的关西地区。除此之外，还有一些紧固件企业分散于全国各地，从事紧固件销售的商社也基本如此分布。

美国工业紧固件市场分为三个市场，它们是原始设备制造业（OEM）、维修装配业（MRO）和建筑工程业市场，其销售额分别占 75%、15% 和 10%。

目前，一些非常专用的紧固件，其制造厂商的分工也相对明确。世界上航空紧固件主要由美国美铝（Alcoa）公司、美国精铸（SPS）公司、法国里斯航天集团 （Lisi Hi-shear）公司、美国波音（BOEING）公司等较大的紧固件公司以及美国 Monogram 公司等专业性较强的公司所垄断，而俄罗斯航空航天紧固件生产则自成体系以供其国内使用。每一家紧固件公司均有其擅长的系列产品，并且多数产品为几家公司相互覆盖，从而构成了航空、航天紧固件的供应网络，满足各大飞机厂商的需求。

4.2.5 世界主要先进国家主导紧固件标准的制订

为了使紧固件达到高度通用性、互换性，建立统一标准是十分重要的。国外主要工业先进国家在 1928 年就成立了国际标准化协会（ISO）。

1947 年，ISO 成立了紧固件技术委员会（ISO/TC2），是国际最早成立的 TC 之一，至今活动仍很活跃，使紧固件成为世界上标准化程度最高的产品之一。目前涵盖的专业范围总称紧固件，包括紧固件的尺寸、公差、力学性能、工作特性、试验方法和验收程序等方面的标准化工作。所涉及的产品为螺栓、螺柱、螺母、螺钉、木螺钉、自攻螺钉、垫圈、销、挡圈、连接副和紧固件/组合件，以及其他（如焊钉）等十二大类，不包括航空、航天及滚动轴承等行业的专用紧固件。截至 2014 年 12 月，已发布紧固件国际标准 186 项。

德国紧固件的基础技术标准比较规范和完善，由于国际紧固件标准化技术委员会（ISO/TC2）和各工作组（ISO/TC2/SC）秘书处均设在德国，德国担任 ISO 和 EN（欧盟紧固件标准）紧固件标准制定、修订的秘书处主席成员，紧固件的主要产品和基础技术标准都是由德国负责起草和编制的，德国在 ISO 和 EN 紧固件标准化工作中有举足轻重的决策作用和影响力。德国的紧固件标准是世界公认的采用米制国家的代表，其先进性早已得到广泛认可。

德国紧固件标准在国际贸易上比较流行，尤其是在欧洲市场的国际贸易中已被广泛地采纳，出口标准中 DIN 标准（德国紧固件标准）占相当大的份额。20 世纪七八十年代的联邦德国标准在欧洲各国都可以通用。德国在 ISO/TC2 秘书处积极严谨的工作，确定了 DIN 紧固件标准的特殊领导地位。因此，在国际标准化组织中，DIN 关于紧固件的建议基本上都能获得通过，可以说 ISO 紧固件标准几乎是 DIN 标准的翻版。

20世纪50年代末，我国首次发布“中华人民共和国国家标准GB”（简称国标）。1982年批准发布了第一批采用ISO标准制订、修订我国紧固件国家标准之后，用了5年时间，阶段性地完成了全面采用ISO紧固件产品标准的工作，使我国紧固件标准达到20世纪80年代国际先进标准水平，为我国紧固件标准与国际标准的发展保持同步奠定了良好的基础，并达到了21世纪初国际先进标准水平，为紧固件产品出口创汇创造了有利的条件。

4.3 世界紧固件工业发展趋势

在现代信息化时代，紧固件工业将获得巨大发展。今后，“世界一流工厂”将是智能工厂，成为以全球化的网络化生产、网络化采购、网络化销售为特征的加工制造业基地。

要成为“世界一流工厂”必须具备以下条件：一是资源的比较优势。“工厂”离不开劳力和资本，相对廉价而且富裕的劳力、充足的资本对于一个“世界一流工厂”至关重要。二是对外开放的市场环境。只有开放的原材料市场、工业品市场、甚至技术市场，才能保证“世界一流工厂”的正常运行。三是金融实力的坚强支撑。金融是社会得以发展的重要的推进器。四是技术创新的能力。“世界一流工厂”必须能够有效地推动技术创新，有效地将技术转化为现实生产力。五是国家经济能够保持比较长时间稳定的增长，投资预期回报稳定，可获利润相对比较高。

作为一个“世界一流工厂”，综合实力应处于世界前列，主动参与并融入了世界经济发展的进程，有一批优秀企业的工业制成品在世界市场占有重要份额或处于相对垄断地位。

在21世纪，世界紧固件产业面对世界经济一体化，在国际大市场的大竞争中，整个产业组织都须具有良好的质量与素质。

4.3.1 紧固件的质量应是100%“零缺陷”

目前，由于受到紧固件生产工艺与设备制约，很难在生产线上出品100%零缺陷产品，因此采用随机抽样，即“比例抽样”法，通过检查一部分样本来确定整批产品的质量，以局部来估计全部。

一般来说，紧固件的特性指标可以分为尺寸要素、力学性能及表面缺陷（外观）三个相互独立的部分。现行的质量检查方法，运用AQL值来确定接受概率，也就是允许存在一定的不合格品。用户如发现不合格品，可由“供方更换或补偿有缺陷的紧固件”。

这种方法，对一般使用的产品是比较经济与合理的。但对重要机件，就存在严峻的潜在危险，它的“任一合格批样本中所允许的最大缺陷数”，就是这种“百分比抽样存在的不合理性”。事实上，近 100 年来，由于紧固件断裂所发生的重大事故，如鼓风机缸盖击穿屋顶、汽车轮胎飞出、飞机起落架卡死、航天飞行器堕落、钢结构桥梁散架等，都造成了机毁人亡的惨剧。

因此，紧固件应是“零缺陷”产品，这是历史发展的必然。在新的发展时期，工艺和设备以及在线检测手段的提高，确保生产的每个产品无缺陷，所有用户都可以百分之百地放心使用，这将是质的飞跃。

4.3.2 紧固件产品更具创新性

创新是企业发展的灵魂。据介绍，日本佐贺铁工所（SAGA）每隔一段时间解剖一部美国新型汽车，分析其中的紧固件结构与组成，推荐给日本汽车制造商，共同研制新的紧固件，这是一种间接的创新。美国原德事隆紧固系统集团（Textron Fastening Systems）的专家介绍，他们直接参加重要主机的设计，有一次曾将主机设计者确定的 1 000 个螺栓，经过他们的重新设计与配备，减少到 500 个，这也是一种直接创新。

螺纹紧固件是通过螺纹连接副的紧固来达到效果的。美国施必牢（Spiralock）公司的预加载锁紧内螺纹，具有抗横向传动的能力，他们将对螺纹的进一步研究与创新将直接应用到紧固件上，对我们就是一种启示，我们应该从锁紧垫片、螺纹粘胶、填入物或插销等方法中跳出来，直接从螺纹本身寻找防松的办法。

紧固件的螺纹还可以从三角形延伸到圆形、梯形、矩形、锯齿形、圆柱形和圆锥形等。最佳的螺纹应该使紧固负荷均匀分布，与整个螺栓相咬合，并把受压作用力重新按径向分布，让螺纹可以有效地承受较高的负荷而不致造成螺扣磨损或松动。

紧固件的领域还可以扩展至杆形零件或筒形零件的范畴，新型和多样的创造，将给紧固件带来更广阔的天地。

4.3.3 紧固件的品种具有更广泛的适用性

紧固件产品种类繁多，很难确定全世界的紧固件品种规格有多少万种，有人戏称紧固件的备品库就是一个令人眼花的“中药库”—— 品种繁多而复杂，给使用与管理带来诸多不便。

在 21 世纪，由于新型材料的出现，每个品种的适用范围更加广泛，品种与规格也可以相应减少。相比之下，中高档规格的需求将大大增加。CAD、CAM

和 3D 的技术在紧固件产品设计与工艺流程安排上的普及，将使紧固件的生产更加简便迅捷。

从非标异型件转向中小型零件，如轴类、小模数齿轮等，冷挤、温挤复合工艺将广泛使用。比利时耐德斯洛夫公司（NEDSCHROEF）技术中心已开发成铝合金新型紧固件替代钢制紧固件。德国毅结特集团公司（EJOT Group）开发成功碳纤维自攻螺钉，并在德国汽车工业中使用，减轻汽车重量，以适应汽车轻量化的发展趋势。

4.3.4 紧固件将使用新型原材料

目前生产紧固件的材质有普碳钢、合金钢、不锈钢、铜合金、铝合金、钛合金和塑料等，为了满足紧固件生产工艺的要求与产品强度的要求，需要通过多次不同的热处理工序。21 世纪，将是新型材料不断出现的时代，将来的合金材料，既有强度又有韧性，而且更符合冷镦或热镦的工艺要求，同时又较“轻”，可以减少主机的重量。现在，碳纤维制造的紧固件已问世。据预测，未来的交通工具，将是海陆空“三栖”的自动车，零部件的坚固与轻巧使之具有多种功能。

4.3.5 紧固件生产将达到洁净化与自动化管理

将来，在自动化＋机器人＋互联网的联合技术下，提出未来工厂的模式（factory of the future），未来的生产车间为全封闭、全自动化式，由计算机设定的程序指挥生产各个环节，从自动上料到成品卸料、包装一气呵成，操作人员通过大屏幕监视全过程。由计算机工作站，或者与“云”中心联网，将使计算机网络管理容易操作，成为工厂管理科学化的必备条件。

4.3.6 生产设备智能化及全自动化多功能加工中心普及

马克思说，“重要的不在与生产什么，而在于用什么手段来生产。”用高新技术来生产紧固件，达到最佳经济规模，才有可能生产出质高价廉的产品。

美国国民机械公司（National Machinery）推出的 FORMAX 和 FORMAX PLUS 机型在 21 世纪初仍有一定代表性。它已经具备了冷镦机的一些新概念：①计算机控制 .②采取抓取、移动、放下传送装置，可以传送更复杂的零件。③安装零间隙滑块导轨，提高了零件的精度。④机外调整模具。

日本的旭大隈株式会社（ASAHI SUNAC）、意大利的萨克玛公司（SACMA）和瑞士的哈特贝尔有限公司（HATEBUR Metalforming Equipment LTD.）都在机床的制造工艺上和程序控制上有所创新。

21 世纪的机床，计算机程序控制完善，能监控机床的整个生产过程，精度高、

可靠性强、生产率高、生产使用寿命长、模具更换快速准确，整个机床像工艺品一样完美。

4.3.7 紧固件生产的在线检测与出厂检测的全过程监控

将来原材料已有较高的质量保证，机床的可靠性更高，但为了保证产品质量，为了对用户绝对负责，各种检测手段将严密地监控生产全过程。

原材料在进入生产之前，必须经过光电、磁粉、涡流等综合性测试，经合格后方可生产。生产过程中自动将不合格品剔出，对热处理和表面处理的工序更严格把控。计算机质量控制网络联结各个检控点，消除人为因素对质量的影响。在中心控制室一目了然地看到各个质量控制的画面，各种质量数据将随产品提供给用户。

4.3.8 全球化大公司的结构调整对市场的影响更大

在全球化经济中，集科技、工业、贸易和金融为一体的大集团将充分参与国际竞争，雄厚的实力使其具有连续开发高新技术产品的综合能力。现在占全球 1/3 产值的跨国公司其直接投资额、贸易额及拥有的技术分别占世界总量的 70%、67%、70% 以上，掌握着世界经济的发展与未来，影响和控制了整个经济水平与质量。

目前，全球紧固件的价值约为850亿～900亿美元，其中欧洲约占100亿～120亿美元，亚洲约占 300 亿～ 350 亿美元，美洲约占 200 亿～ 250 亿美元。预计在未来一段时间内，紧固件的产量不会有太多的增长，主要是质量的提高。

4.3.9 紧固件电子商务的网络化

随着信息与通信的高度发展，可视电话与同声翻译的普及，消除了距离和语言的隔阂。紧固件的交易将在互联网上进行，批发商与零售商将完全改变经营策略，生产企业将起主导作用，企业将设备制造业与维修装配业以及销售数据按时输入计算机，建立 24 小时即时供货系统，做到不出门即可交易，不出门即可送货到家，工厂不需要成品仓库，用户也不必建备品仓库，传统商业模式将被彻底颠覆。

4.3.10 紧固件生产的绿色发展

制定绿色企业标准体系，开展绿色评价，实现绿色生产，简化工艺流程，减少能源消耗，做到零排放，建设绿色工厂园区。

以上从十个方面展望了未来的世界紧固件工业。无论从机械工业在经济发展规律中所具有的重要作用，21 世纪我国实现现代化的历史使命对机械工业的要

求，还是世界经济发展的历史规律和对未来经济发展规律格局的展望，都十分明确和无可置疑地展示出机械工业在 22 世纪中不可替代的作用和美好前景。我国机械工业承担了国家工业化的历史重任，具有举足轻重的地位，作为机械工业的重要组成部分的紧固件工业也将迎来世纪性发展的大好历史机遇。

4.4 中国紧固件产业与世界先进国家紧固件产业的差距

按照“世界一流工厂”的标准要求，我国的紧固件制造工业的现状与世界工业先进国家紧固件产业“一流工厂”的差距还很大。在产业结构、规模、技术、市场和品牌，以及产品功能、质量、可靠性、工艺水平等多方面都存在一定的弱势差距。总而言之，我国的紧固件行业的整体素质和科技竞争实力与世界工业先进国家紧固件产业相比有较大差距。这种差距具体表现在：

（1）产业结构方面的差距。我国的紧固件行业有着较强的廉价劳动力的国际比较优势，吸引了当今世界许多知名企业来中国办厂设点，把中国作为它们亚洲乃至全球的生产制造基地。但我们与发达国家的差距就表现在产业结构的层次不高，许多产品处在产业价值链的底端。如果没有一个质的提升，即使产量已超过全球的 40%，也不可能在世界紧固件行业中居于主导地位。

（2）规模方面的差距。中国紧固件工业产值在全球比重还不大，约占 12%～15%，就总体生产规模而言，我国的劳动生产率与美国、日本相比相差甚远，仅相当于美国的 1/4、日本的 1/3。就企业规模来说，尽管我国企业规模的结构调整正朝着好的方向发展，但与合理的经济规模及产业技术规律要求相比还存在着产业集中度低、规模经济不能有效发挥，以及专业分工不合理等问题，缺少具有国际竞争力的大企业集团。在当今经济全球化的不断深入、信息经济网络式扩展的时代背景下，规模经济已成为企业成长、扩展的重要手段，小而全的企业组织形式无法实现规模经济。我国要想成为“世界紧固件强国”，企业的经济规模必须要有一个跨越式的发展。

（3）技术方面的差距。目前我国紧固件产品在生产链中多数处于低端，技术进步对经济增长贡献率不高，这主要是因为我国多数企业所需的关键技术的开发和应用能力不足，研发和管理技术方面与国际先进水平存在很大差异。这样又导致劳动生产率不高，只有世界平均水平的 1/3，发达国家的 1/4。从技术装备方面来看，我国紧固件企业大约只有 30% 左右达到 20 世纪 90 年代国际水平，而其余 70% 是 20 世纪七八十年代水平。就产品出口结构来看，都是一些中低档次、

附加值不高的产品，而附加值含量高的高端产品需要进口。2014 年进口了 30.8 万 t 价值 34.6 亿美元的紧固件，增长率呈两位数上升，平均吨价是我国出口紧固件单价的 4 ～ 6 倍。

（4）市场方面的差距。我国紧固件制造业在市场方面与世界工业先进国家也是有一定差距的，主要表现在两个方面：一是高端紧固件世界市场占有份额上的差距。二是市场全球化程度上的差距。无论是最早成为紧固件技术领先的美国，还是 20 世纪 80 年代后作为紧固件制造基地的日本，其经济外向性十分明显，是名副其实的全球生产制造和出口基地。同时，在世界贸易中，我国基本上还是国际价格的接受者，没有产品的定价权。

（5）品牌方面的差距。世界品牌不仅是信任、忠诚、市场、效益的化身，而且是实力的显示，更重要的是国际品牌没有国界，可以不设工厂，但仍占有市场。中国的企业和产品缺乏过硬的国际品牌，紧固件产业中的自有品牌少而又少，很多是为跨国公司贴牌生产。这不仅反映了对外资名牌的严重依赖性和从属性，而且品牌缺失造成企业永远无法成长为跨国公司。“世界工厂”并不仅仅是主要工业品的制造基地和出口基地，它必须有一批具有较高国际知名度、信誉度、巨大的经济价值、有强大竞争优势的企业产品品牌、商标和商号，以相对多的创新产品引导世界潮流。面对这种形势，在日益密切的国际分工体系中，我们应充分利用成为“世界一流工厂”的契机，引导跨国公司拓展延伸业务领域，促进自身经济增长方式的转变。

中国将来能不能成为“紧固件强国”？在目前阶段上，必须在发展战略上下功夫，既要发挥劳动力成本低的比较优势，更要十分重视技术创新，优化产业结构，提高产业的核心竞争力，把产业做大、做强。“紧固件强国”的形成是一个较长的过程，不可能一蹴而就，需要加倍努力。在此过程中，应加强与跨国公司的关联，不仅后向关联，成为跨国公司的供应商和世界制造中心，更要强化前向关联，成为世界紧固件的技术中心和研发中心。

随着经济全球化的深入发展，21 世纪的世界制造业面临深刻的战略性重组，美、日、欧等发达国家在努力保持本国高新技术垄断地位的同时，正在以降低生产成本和提高市场竞争力为手段，在全球范围内进行着新一轮的资源优化配置。这种全球后工业化为中国利用本国广阔市场和劳动力优势发展紧固件制造业提供了难得的机遇。与此同时，部分发达国家在这个产业中的逐步调整，也给中国紧固件发展腾出了空间。我们应抓住国际产业转移的机遇，利用包括资本、技术、

人才、管理等各种资源向中国集聚的优势，加快紧固件产业的跨越式发展，主动融入全球生产体系。

中国能否成为紧固件强国不是一种目标，更多的是客观发展的过程，这种过程是与跨国公司在全球一体化生产以及中国在当今国际分工中地位紧密结合的。我们所追求的应该是：中国不应仅成为一个紧固件生产大国，更重要的是应逐步成为一个紧固件生产强国，从紧固件制造转向紧固件创造。

第 5 章

中国紧固件产业为战略性产业的配套需求和市场展望

5.1 中国紧固件产业市场展望

国家“十二五”（2011—2015 年）和“十三五”（2016—2020 年）规划布局了新能源、节能环保、新能源汽车、新材料、生物、高端装备制造和新一代信息技术等战略性新兴产业。可以说，第十三个五年计划是未来五年乃至未来的发展基础。到 2020 年，我国将实现全面建成小康社会的目标，到 2050 年，也就是建国 100 周年的时候，将基本实现国家全面现代化和强国富民的目标。对于紧固件行业来说，就是要实现由紧固件大国变成紧固件强国的伟大目标。

中国未来紧固件产业（包括出口企业）将依托国内汽车、铁路、船舶、航空航天、基础建设、能源产业、家用电器、机械工业等重点产业大发展、大建设，迎来新一轮紧固件市场需求高潮。

综合各种信息来看，其需求热门产业主要有汽车、高铁、新能源、轨道交通、工程机械、航空航天等。

（1）汽车产业。中国汽车工业协会发布的数据显示，2012 年全国汽车产销量再创新高，双双突破 1 900 万辆，再次刷新全球纪录，连续 4 年超越美国居世界第一，依旧保持“适度增长”。2013 年中国汽车工业继续保持增长，全年汽车产销量首次突破 2 000 万辆大关，再创全球历史新高，连续 5 年蝉联全球第一。2014 年国内汽车产销量增长 10%，总量达 2 400 万辆左右。

据统计，平均每辆轻型车或轿车用紧固件约 500 种规格，50 ～ 80kg，4 000 件左右，而 1 辆中型载货汽车或重型载货汽车车用各种紧固件 70 ～ 90kg，约 7 500 件，其中高强度紧固件约占 1/3。1 辆汽车上的紧固件费用约占整车成本的 3% 左右，占整个基础零部件总数的 40%。若按每辆车 70kg 计算，年需求汽车紧固件 150 多万 t。也就是说机动车用紧固件约占国内紧固件需求的近 1/4。

（2）高速铁路。高铁和客运专线的铺设速度加快，“十二五”期间基建投资高达 4 000 亿元，年需求高铁紧固件近 30 万 t。据统计分析，我国将建成高铁铁路 40 条以上，总里程将超过 1.3 万 km。按粗略测算，未来高铁紧固件至少仍有 240 亿元的市场空间。随着铁路建设的不断增加，我国对高强度紧固件的需求也将快速增加。因此，国内紧固件企业应逐渐降低普通紧固件的比例，

增加高价值的高强度紧固件的产量，以适应市场需求。根据我国铁路发展规划和投资计划测算，近年来年均约 3 500 亿元的投资额度将确保铁路投资年复合增长率为 20% 左右。2014 年国家铁路安排固定资产投资 6 300 亿元，投产新建 6 600km 以上。铁路建设的快速发展以及庞大的市场规模，为紧固件行业提供了广阔的发展空间。

（3）新能源产业。作为国家加快培育和发展的战略性新兴产业之一，新能源产业发展步入了快车道。国家规划，截至 2015 年风电新建装机容量 7 000 万 kW，年风电用高强度紧固件 50 多万 t；到 2020 年开工建设 40 座以上百万千瓦核电机组，对高强核电专用紧固件、特种材料紧固件、焊接铆钉类产品年需求量 8 万～ 10 万 t 以上；同时，各等级高压、超高压输电铁塔的新建与维护对紧固件的年需求量近 22 万 t。

（4）轨道交通。截至 2015 年，北京、上海、广州等 22 个城市建设 79 条轨道交通线路，总长 2 259km，总投资 8 820 亿元。据不完全统计，北京、上海等 15 个城市共有约 50 条、1 154km 轨道交通线路在建。根据 36 个计划建设城市轨道交通项目城市的规划，到 2020 年，城市轨道交通新增营业里程将达到 6 560km，轨道紧固件需求达 55 亿～ 70 亿元。这些大型项目将大大提升高强度紧固件、钛合金等高端紧固件的需求量。随着地铁等增加的市场容量，紧固件的市场需求量正加速增长。

（5）工程机械。对紧固件的需求也很大。目前，我国工程机械销售量和销售额已经双双超越美国、日本、德国，位居世界第一位。我国工程机械自给率从“十五”期间的 70% 左右，提高到目前的 90% 以上，逐步实现从制造到创造的跨越。包括装载机、挖掘机、汽车起重机、压路机、叉车、推土机和混凝土机械等一大批工程机械产品产量跃居世界首位，我国成为真正的世界工程机械制造大国。挖掘机、压路机等工程机械年销量 5 万台，高强度紧固件年需求量 2 万～ 3 万 t；拖拉机、收割机等一系列农业机械产品总产值 2 500 亿元，对各类标准件紧固件需求 15 万 t 以上，产值 20 亿元。

（6）机械工业。机械工业是紧固件主要的用户之一，机械工业的发展，也对紧固件产品提出更高的要求。有数据显示，2010 年以来，机床行业的产销增速均已在 40% 以上。未来 5 年内机床行业复合增长率为 25% ～ 30%，增长动力一方面来自于现有产品的不断升级，获得国际市场份额。另一方面来自于通过技术研发和产品创新，进入国家重点支持的产品领域，形成新的增长点。“十二五”

期间，国家拨款给数控机床的研究经费总规模达到百亿元。据统计，仅一台CW6180普通卧式车床就需要1 514件紧固件进行连接和紧固。

（7）航空航天。紧固件在航空航天工业上的应用更是不可小觑。C919大型客机是《国家中长期科学与技术发展规划纲要（2006—2020）》确定的16个重大专项之一。C919大型客机是中国拥有自主知识产权的中短期商用干线飞机，将于2017年交付使用。航空用紧固件是在大型客机研制过程中反复使用的零部件，以C919大型客机为例，单机就需要航空用紧固件109万件。另外，中国在“十三五”期间还将新建机场56座。空中客车公司和波音公司也宣布加快研制计划，如波音公司未来20年计划新增3 400架飞机。在一架双通道飞机的机身和机翼上就有40万件紧固件，一架洛克霍德C5A运输机需用226万多个紧固件。在“土星V型”火箭的第一节上就有2 000多个品种规格、数量达25万件的螺母、螺栓、铆钉和其他紧固件。在肯尼迪宇航中心建造的“土星”宇宙飞船用了约100万件的高强度螺栓。随着航空工业的飞速发展，大量飞机同时开发，航空紧固件工业迎来了发展的新纪元。紧固件制造企业应该抓住这一难得的机会，对其广泛的需求做出积极响应。

除上述列出的产业以外，还有船舶、电子电器、基础建设、房地产、家具和信息等重点产业，这些大用户产业的发展无疑给紧固件产业带来了巨大的商机。随着“中国制造2025”“一带一路”、供给侧结构性改革等战略的实施，必将会推进中国制造业的新发展，为紧固件产业的发展提供了新的商机。可以预计，未来必将迎来紧固件市场巨大需求的新高潮。

5.2 中国紧固件产业对冷镦钢的需求展望

紧固件是一种最基础、最常用也是最重要的基础件。成千上万个品种规格，千变万化的使用场合，它作为主机、部件的连接件，与主机一起承担着主体、构件基本功能的各项要求。随主机一起在各种服役环境中接受考验，包括高温、高压、低温、振动、重载、应变力、抗拉、抗扭剪等各种场合。紧固件使用中有断裂、松弛、松脱、应力腐蚀和表面腐蚀，存在种种失效的危险，因而引发事故和灾害的概率是非常高的，所以用于制造紧固件的材料必须有严格的选择。目前，常用的材料有钛合金、钢、铜、铝、尼龙、碳纤维非金属材料等。上述材料中钢材有优良的塑性和韧性，决定了它具备各种加工工艺的适应性，同时具备良好的强度，尤其经过特定的热处理后能获得预期的更优秀的综合力学性能。钢材资源丰富，价格相对较低，并且具有一定的可利用再生性，在众多的材料中性价比很

高。因此，它成为制造紧固件的首选材料。目前 95% 的紧固件是钢制品，并且随工艺技术的进步、材料的物理性能和化学性能的提升，除少量采用热加工制造紧固件以外，绝大部分是采用先进的少切屑、无切屑的冷镦、冷挤压的方法，大批量、高质量、高效率的制造紧固件。所以讨论紧固件用钢，主要是讨论冷镦钢。

5.2.1 冷镦钢的现状

1. 产能及产量

表 5-1 2010—2014 年我国紧固件产量及耗钢量 （单位：万 t）

	2010	2011	2012	2013	2014
紧固件产量	620	680	660	680	720
耗钢量	680	740	720	738	770

2014 年全球紧固件总产量约 1 400 万～ 1 450 万 t。我国紧固件产量约占全球总产量的 1/2，达到 720 万 t，同比增长 5.88%；销售收入 710 亿元，同比增长 5.2%。其中出口 280 万 t，创汇 52.8 亿美元，同比分别增长 9.4% 和 13%。同年，我国钢材总产量达 8.277 亿 t，同比增长 0.9%，其中线材产量 1.54 亿 t。紧固件用冷镦线材约 770 万 t，占线材总量的 5% 左右。

由此可见，我国已成为世界上钢铁和紧固件生产第一大国。目前，国内钢铁行业和紧固件行业都是产能过剩的行业。“十五”期间国内能生产紧固件用冷镦钢的企业仅六七家，而“十二五”末已发展到近 40 家，产能超过 1 300 万 t。2014 年行业产能严重过剩，供求比扩大，价格持续下行，无序竞争加剧，产品品质下降，已影响到产业的健康发展，这些问题已经成为决策和制定行业发展规划中绕不开的课题。

2. 品种及分类

目前，国内的紧固件用冷镦钢按照其使用及工艺特点可以分为四类。第一类：非热处理型，主要是低碳系列，加工的成品强度等级为 4.6 ～ 5.8 级；第二类：调质型，主要是中碳钢、低合金钢系列，加工成品的等级对应 8.8 ～ 12.9 级；第三类：表面硬化型，以 ML18Mn、ML22Mn 为代表，主要成品为自攻螺钉、自钻自攻螺钉和其他要求表面渗碳型制品；第四类：非调质钢，包括微合金细晶非调质钢和热轧双相钢，加工的成品为 8.8 级和 10.9 螺纹紧固件。

现行的冷镦钢国家标准主要是 GB6478《冷镦、冷挤压用钢》。在紧固件生产、制造和销量环节中，为了适应配套和出口的需要，选用冷镦钢时还大量借用 JIS

标准（G3506、G3507、G4105）、ISO4954 和美国 ASTM 标准中许多钢种和牌号。冷镦钢的品种及分类见表 5-2。

表 5-2　冷镦钢的品种及分类

	低碳钢	中碳钢	合金钢（含硼钢）
代表钢种	ML08A1-ML20、8A-15a、18A-22A、10K-25K	ML30-ML45、35K-45K、MFT8（10B21）	ML40Cr、M35CrMo、SCM435-440、ML20MnTiB、10B28-10B33
对应等级	4.6 ～ 5.8 级	（6.8）8.8 级	10.9 ～ 12.9 级
占比（%）	30 ～ 35	40 ～ 45	20 ～ 25
2014 年耗量（万 t）	约 250	约 340	约 180

注：对应各等级的内螺纹紧固件包含在内。

3. 冷镦钢线材生产的技术状态

生产紧固件用冷镦钢线材的钢铁企业主要分布在华东、华北、东北地区，西部地区较少。以宝钢、邢钢、马钢、湘钢、济钢、武钢、沙钢、鞍钢为代表的企业产量占总产量的 60% 以上。还有许多是由原来主要生产建筑用线材的企业转化而来。

国内冷镦钢线材生产的主要流程可以分为两种工艺路线：①铁液预处理→炼钢（转炉、电炉）→炉外精炼（LF+RH 或 DV）→铸锭（或大方坯、大圆坯连铸）→开坯→精整探伤修磨→高速轧制→控温冷却→集卷捆轧→检验出厂。②铁液预处理→炼钢→炉外精炼（LF 为主）→连铸→高速轧制→控温冷却→集卷捆轧→检验出厂。

第①种称为“两次成材”，是加工高端冷镦钢线材的主要工艺流程，目前占总产量的 10%。

“十二五”期间，冷镦线材生产改进推广使用了冶金行业大量先进技术和装备：

（1）普遍采用先进的铁液预处理技术，有效地降低了 S、P、N 等有害元素的含量，降低了夹杂物。

（2）采用吹氧技术、LF 炉外精炼、真空脱气、DS 扒渣技术，保证钢液质量的纯净度和化学成分的稳定。

（3）连铸采用全程保护浇筑、电磁搅拌、结晶器液面精确控制、轻压干技术等，使连铸坯角部质量、表面质量和消除中心偏析等方面有显著效果。

（4）对模铸坯、连铸大方坯（425mm×320mm）、大圆坯（ϕ380 ～ ϕ600mm）进行开坯、探伤、精整修磨，提高钢坯的表面质量，表面缺陷控制在0.30mm以下，对提高线材表面质量、减少冷镦开裂起到决定性作用。

（5）采用单线多通道柔性切换技术，具备超强冷却控温功能，可以实现750℃低温轧制（热机械轧制应用了形变诱导铁素体相变原理）获得细晶，晶粒度达10 ～ 12级的热轧线材。

（6）许多工厂不断进行技术升级改造，普遍采用了摩根7代轧机，在线检测、在线探伤、闭环温度控制（±10℃）、三辊精密减定径机组（考克期轧机）和加勒特盘卷装置都有广泛应用。

4. 冷镦线生产产品的进步

“十二五”期间，冷镦线生产产品的主要进步体现在：

（1）紧固件冷镦钢线材的产能达到1 200万t/a的水平，能满足全行业的生产发展需求，实现了自给自足，出口逐年增加、平稳发展（主要出口地区为东南亚地区为主）。

（2）线材规格齐全（ϕ5.5 ～ ϕ42mm），能覆盖全行业的需求。

（3）基本品质质量大幅度提高。有许多优秀钢种，节能环保型钢种，例如：宝钢B-SCM435合金钢线材（汽车行业专用材），马钢MFT8、细晶非调质钢、免退火线材35KM、35AM，ML-26（济钢），都达到国际先进水平，并实现规模生产，正常供货。

（4）大量推广使用10B21 ～ 33、35VB、15MnVB、20MnTiB等低碳微合金、硼钢等优秀钢种，性能优越，资源节约。

5. 关于质量差距

目前国内有近40家钢铁企业进入了冷镦钢线材供货企业的名单，其中大部分是原来以生产建筑线材为主的钢厂转化过来的，部分从业人员对冷镦钢线材的质量特征、质量意识的认知和理解仍有不足。产能过剩超过1 300万t/a，2014年产量达770万～ 800万t，产能过剩、供大于求的格局在3 ～ 5年中难以克服。产品的质量水平与国外先进水平还存在不小的差距。2013年我国进口了7.8万t冷镦钢线材和21万t进口紧固件。代表紧固件行业技术质量水平的汽车用紧固件关键产品，发动机缸盖螺钉、连杆、飞轮螺钉等70% ～ 90%采用进口产品。有些是因为品牌原因不采用国产紧固件，但更重要的是国产冷镦钢线材的质量差距客观存在，达不到产品“零缺陷”的要求，尤其是高强度紧固件，一般在主机

和构件中被列为关键零部件和安全件。

国产冷镦线材的质量差距主要包括：

（1）表面质量。表面质量（也称为表面缺陷）一直是困扰国产线材的一大难题。据核实，包括一些知名企业在内，均有表面质量问题，主要表现为冷镦开裂。国家标准 GB6478 新版《冷镦、冷挤压、用钢》规定：表面缺陷的深度在 0.10mm 以内，仅能满足一般要求。还有一些钢的内在质量问题，如夹杂物、组织不均匀、轧钢物流储运中造成的冷镦划伤，都会造成紧固件产品在制造过程中发生开裂。国产冷镦钢线材质量较好的，开裂率控制在 1% 以内，一般水平在 3% ～ 5%（批次），个别的单批次内开裂率超过 10%。冷镦顶锻实验 1/3H 合格（将坯料压扁至 1/3 高度时不开裂）才能生产内六角螺钉、凸缘螺栓和螺母、铆接（焊接）螺母等冷变形要求较高的紧固件（包括汽车紧固件）。

（2）熔炼成分。国产冷镦线材尽管能在标准规定的范围内判为合格，而实际数据波动较大。以碳元素为例，进口线材波动在公称值的 2 个碳范围内，并且各批次之间相当一致，国产料一般在 3 ～ 5 碳范围内波动（包括批次间的差距）。如果其他元素的质量分布又偏中下线，会造成产品热处理以后的产品力学性能差距很大，数据离散度过大，实物质量难以控制，从而影响使用。同卷线材上的性能差异、不同批次的品质差别，都直接影响紧固件成品质量，使用质量不稳定的紧固件都直接影响主机、部件功能的可靠性和安全性。

（3）冷镦线材改制中存在的问题。紧固件制造过程中，冷镦成形前线材要进行前处理，有的需要软化退火或球化退火。改制后的线材称为精线，不但要适合冷镦变形要求，而且对表面脱碳和内部金相组织均匀性、硬度、表面润滑膜都有很高的要求，为成品最终热处理做好准备。在日本和欧美地区，冷镦钢线材由专业改制厂或者钢厂直接改制成精线供货。欧美大都是采用钟罩炉加氢气保护作球化处理的工艺装备。而我国大多数紧固件制造厂的线材由自己进行球化退火完成改制，品质存在一定差距，环保压力也很大。非专业工厂的改制线材存在硬度不均匀、晶粒度有差异、脱碳和局部增碳等不良现象。

5.2.2 “十三五”期间紧固件用冷镦钢的需求展望

1. 紧固件产业的发展核心是产品质量

当前紧固件用冷镦钢的基本供求关系状况是供大于求，建立有序健康的冷镦钢生产、营销秩序非常必要。虽然市场经济运行中供大于求也是一种基本状况，但是供求比过大甚至达到严重失衡状态，其结果是给钢铁行业和紧固件行业带来

严重伤害。目前冷镦钢的供求现状不是缺量，而是缺“质”，这是“十三五”期间要解决的首要问题。钢铁企业是“冷镦钢—紧固件生产—用户”这条产业链的源头，而有些钢铁企业是由原来生产建筑线材为主的钢铁企业转行加入冷镦钢生产之列，还没有了解紧固件和冷镦钢线材的真正需求和品质内涵。通过低价竞争争夺市场，形成了价格与质量同时下滑的局面，这样既伤害了自己也伤害到下游的紧固件企业甚至其他相关行业。因此，要确立以质量为中心的产业竞争发展主线，引导行业健康发展。

2. 紧固件产品的质量核心是安全性和可靠性

紧固件产品的力学性能、品质要素基本上来自母材——冷镦钢的特性。以汽车工业使用的大量紧固件为例，动力传递转向系统、制动系统使用的紧固件都是保证部件功能的关键部件，目前大量进口的冷镦钢原材料和紧固件成品主要都是这类产品。产钢第一大国却不能解决好这一领域的原材料供应问题，这种状态必须改变，因此要从战略的高度来认识这个问题。

“十三五”期间，应该从产业链的源头抓起，连接冷镦钢生产、材料改制、紧固件工厂中的冷镦成形、热处理调质、表面处理、产品检测直到下游紧固件用户的使用装配施工规范，即紧固件产业链的全程组织起攻关行动，全面建立涵盖各个环节的数据库，以科学的实验求证取得最佳性质参数后，固化和规范各个环节的作业标准，全面解决紧固件行业中对高品质冷镦钢线材的供应，从而替代进口。

3. 紧固件企业的发展核心是创新

原料的供应和质量是发展的瓶颈，同时也是发展的基础。紧固件是有百年历史的传统产业，目前处在转型期，原有的产品技术含量低同质化竞争以扩大产量为主的扩张发展道路已经走到尽头了。在进入互联网时代应用新思维去连接市场，紧固件企业要快速响应用户的需求，发现新市场，开发新产品。而作为源头的钢企要快速响应紧固件企业的原材料需求。在“十三五”期间，航天航空、IT 行业、高端精密机械产品（包括智能机器人）、核能、风能发电、高速铁路和轨道交通、海洋工程和国防工程都有需要配套的新型、专业紧固件，它是创新升级、转型发展新的载体。对应这些紧固件，钢铁企业应该重点生产下列用钢：

（1）能满足高铁、轨道交通、航空、汽车等行业，满足高可靠性、安全性、零缺陷要求的紧固件冷镦用高端线材。

（2）符合节能、环保要求的非调制钢线材。

（3）满足海洋工程、海防军工急需的耐腐蚀、全天候、-101 ～ -40℃低温抗疲劳性能要求的特殊钢种线材。

（4）使紧固件在特殊使用场合抗应力腐蚀（石化、炼油容器管道专用）的新钢种。

（5）高层钢结构、风力发电、筒塔等专用的高强度紧固件防延时断裂奥氏体细晶优化新钢种。

（6）耐高温、低温高压条件下使用，高强度、高韧性、疲劳强度高的新钢种。

（7）通用紧固件用高质量稳定性冷镦钢，有利于提高冷镦工艺适应性，有助紧固件向零件化、异型化发展的新材料。

这些都将成为“十三五”期间紧固件用钢发展的热点和方向。

4. 全面修订冷镦钢材标准，掌握知识产权

对应ISO4954标准而修订的GB/T6487—2015《冷镦和冷挤压用钢》国家标准，虽然经过多次修订，但无重大突破。品种数量减少，可选范围窄，许多重要指标被精简、删除，不能满足实际需求。应该搭建一个新平台，在产业链上、下游企业共同协作参与的条件下，以“大数据”的新观念建立数据累积，共建完整资料，有实践性、主导性、系统性，全面修订冷镦钢材标准，掌握知识产权，为钢铁企业和紧固件企业提供指导和服务。

钢铁行业和紧固件行业都是典型的传统产业，是国民经济必不可少的基础产业。在当前我国经济所处的转型期、换档期和加速期三期叠加的“十三五”发展期，是一个非常重要的关键时刻，尤其是两个产业都是严重产能过剩的重灾区，需要进行变革与调整。虽然变革中危机和机遇并存，但必须要有一个正确的认识，理出一条符合客观实际发展的主线，完成一个有新高度新创意的行业发展顶层设计，引领全行业坚持奋斗，勇往直前。

第 6 章

中国紧固件产业发展战略和目标

6.1 发展战略和指导思想

2011—2015 年，我国紧固件行业基本上保持适度的增长，但这种增幅是稳健平缓的，这是国内外经济形势为我国紧固件制造业提供了良好的发展商机，但也反映出我国紧固件行业抵抗市场风险的能力十分脆弱。我国紧固件产业持续 20 年高速增长后，市场需求、生产能力、产业组织方式、生产要素相对优势、市场竞争特点、资源环境约束、经济风险、资源配置模式和宏观调控方式等已发生趋势性变化。随着我国经济发展进入新常态，这种新常态将给我国紧固件带来新的发展机遇。紧固件增长速度必将从高速转向中高速，发展方式从规模速度粗放型向质量效率集约型转变，结构调整从增量扩能为主转向存量和增量并存的集约型深度调整，发展动力从传统增长转向技术创新增长。

1. 行业自身发展应在新常态下进入转型升级阶段

新常态带来经济运行新特征、新规律、新要求。紧固件生产目前还是劳动密集型的生产方式，量大利薄，紧固件行业的经济增长方式基本上是在低附加值产品上发展的。在新常态经济状态下，从片面追求产值产量向提高品质及品牌效应转变，从片面追求大而全向精、特、专转变，从生产型向生产服务型转变，是全行业的努力方向。不进行转型升级，行业技术水平难以提高。

2. 调整出口外销策略与方向

随着紧固件出口份额的逐年增大，国际贸易摩擦也在逐年增加，一些发达国家除了采取技术壁垒保护外，又举起了反倾销和反补贴的大棒，阻碍我国紧固件产品出口。近几年，美国、加拿大、欧盟、俄罗斯和突尼斯等国家和地区都不断提出反倾销案件，特别是欧盟反倾销委员会在 2009 年 1 月对我国钢铁紧固件裁决征收近 26.5% ～ 85% 的进口关税，2012 年 10 月，欧盟称已降至 22.9% ～ 74.1%。2015 年 3 月 27 日，欧盟对我国钢铁紧固件做出日落复审终裁，决定继续延长五年反倾销措施。长时间的高税收使我国紧固件出口企业遭受重大打击，反倾销形势依然严峻。因此，紧固件行业应加强宣传，促进沟通了解，调整外销策略和方向，调整出口产品结构、销售布局和出口产品的增长方式。

3. 应对钢材等成本变化的压力

紧固件产品料重工轻，钢材价格在一般钢制紧固件成本中占据了至关重要的成分。近年来，经历了钢铁价格的冲击，许多企业都难以适应，遭受了巨大冲击，承受了不同程度的经济损失。加之劳动力成本、环保、能源以及辅料等都在发生较大变化，进一步增加了企业的压力。因此，制定相关应变策略、超前谋划，消化各种变化因素是行业必须面对的问题。

4. 积极提高行业自主创新及配套协作能力

目前我国紧固件产品在生产链中多数处于中低端，由于多数企业所需关键技术的开发与应用能力不足，研发和管理技术方面与国际先进水平存在较大差异，技术进步对经济增长贡献率不高，导致劳动生产率不高。目前，行业的劳动生产率只有世界平均水平的 1/3，发达国家的 1/6。从技术装备方面来看，我国紧固件企业只有 30% 左右达到 20 世纪 90 年代国际水平，而其余 70% 的企业只有 20 世纪七八十年代的水平，对高精度、高强度紧固件的生产扩能，还受到工模具的制约。我国紧固件生产的工具和模具的精度、寿命和可靠性都与国际先进水平有一定的差距，这里既有工艺问题，也涉及制造这些工模具的设备水平问题。因此，要提高行业的自主创新及配套协作能力。

5. 重大技术装备需要进行技术突破

复合形状的零件冷成形机是国内要研发的重大技术装备，目前处于研发试制阶段，没有形成成熟的机型。由于复合形状零件的冷成形机的参数、规格和变形能力要根据零件的具体要求来决定，因而要结合冷成形工艺、模具和材料以及零件的精度要求来开发，同时要求设备制造企业具有冷成形工艺和模具的开发能力或与用户相互结合起来共同开发。

6.2 紧固件产业发展目标

6.2.1 紧固件产业近期发展目标及工作重点

2016—2020 年的“十三五”期间，要坚持创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，着力实施创新驱动，加速产业转型升级和结构调整，促进全行业健康稳定持续发展。在经济发展的新常态下，发展仍然是主流。为此，要认清形势，振奋精神，统一思想，正视困难，抓住机遇，知难而上，坚持在发展中求调整、在调整中求提高。

要坚持科学发展观，积极主动地抓好五方面的调整，促进全行业经济经济增

长方式的转变，促进全行业核心竞争力的提升，促进全行业持续稳定地发展。

（1）我国紧固件业发展必须坚持创新驱动，加大技术和产品开发力度，推进网络化、信息化、智能化，促进传统产业升级换代。

关键核心和基础工艺要有新突破。要抓住国家对汽车、新能源、高铁、航空航天等行业重点发展的机遇，对耐热、耐腐蚀、高韧性、抗疲劳钢及钛合金、铝合金等高强度紧固件产品的研发，要从原材料到成形工艺，从热处理到表面处理等有新突破，为汽车发动机、核电、风电、高铁及空客大飞机等重大工程配套服务。

依托科技创新，推进信息技术、网络技术与传统产业相结合，提高自动化、智能化水平。要发挥企业自主创新的优势，大力发展信息技术和高新技术应用，研制一批人机对话新型冷成形机和自动在线检测设备，为紧固件行业产品格局大型化、机械零件复杂化、生产过程高效化、产品检测自动化及制造技术集约化服务。

要大力提升产品结构，加快高强度、非标异型件、机械零件的开发。

研究节能减排和环保新技术，推进全行业低碳经济发展，推进节能减排，加强三废治理和综合利用，大力推进绿色环保电镀新技术，大力推进非调质钢新材料应用。

要抓好产品结构调整。从低强度向高强度、从标准件向非标异型件、从低附加值向高附加值转变，提高热处理产品和 9.8 级及以上的产品比例。

要重点发展组合螺钉及组合件、不锈钢紧固件、IT 产业微型螺钉、自锁类紧固件、钛合金、铝合金紧固件、汽车专用紧固件及各种表面处理、化学涂覆类紧固件，不断提高全行业的产品档次和水平。

（2）要抓好市场结构调整。要紧紧依靠国家产业政策和十大产业振兴规划，瞄准汽车、新能源、铁路、城市交通、新型飞机、电子电器及房产维修等产业，加速配套服务，把扩大内需作为调整市场结构的一项长期任务，坚持下去，并着力建设好各地方紧固件城和紧固件市场，抓好大市场，加速内销市场的发展。要把握市场变化，合理调整好内外销比例，使外销比例不超过 40%，以规避风险。

（3）要抓好资源结构调整。北材料南运、南螺钉北运的资源性矛盾比较突出。要从战略上做好调整，紧固件企业要从沿海地区向中西部地区转移，向钢企周边移转，形成以钢企为中心、上下联动的金属深加工的若干个现代化紧固件产业基地。要从战略上高度认识人力资源的重要性，重视人力资源的培育和开发，要加强与高等院校、职业学校、科研院所的合作。

（4）要抓好价格结构调整。防止一些偏离市场规律的低价竞争，使价格与成本、产品价值明显偏离，导致全行业在这个怪圈中走不出来，导致内外销售中贸易纠纷和摩擦不断增加。紧固件产品定价要有正确的价值观和定价方法，应按照“成本 + 合理利润 + 价值观 + 知识产权”定价。部分地方紧固件行业协会落实了自律公约，取得了较好的效果，值得推广。要在市场实践中不断调整产品价格结构，使紧固件产品价格与生产成本相适应，与国际市场相适应，与品牌、质量相适应。

（5）要抓好龙头企业建设，提升产业集中度。要坚持创新引领产业升级，坚持技术开发和产品结构调整，推进大、中企业的发展，合理应用资本运作，推动全行业乃至国际同业收购、重组、兼并和合作，形成 3 ～ 5 家年销售 30 亿～ 50 亿元的龙头企业，培育几十家 10 亿元以上的大企业，形成有国际品牌的大集团，增强全行业的核心竞争力，做强做大紧固件产业。

6.2.2 紧固件产业中期发展目标及工作重点

在未来 10 年，行业产业结构调整战略是“稳定一批、淘汰一批”，积极响应“互联网 + 行动”计划，加快发展互联网及移动互联网，打造若干个电子商务平台，培育一批成熟的电商企业和电商服务企业，促进紧固件销售和物流方式的转变，以新理念、新方式、新信息技术，适应国内外市场的需求，做大紧固件业。

1. 稳定一批——增强企业素质

紧固件产业企业良莠不齐，整体实力不强，不能再在一片发展声中走老路，也不能在一片做大声中走向衰亡。企业的生存要靠“做稳做健康”，提高健康程度，实现经营的良性循环。要形成以浙江嘉兴、宁波、温州地区，江苏昆山、无锡地区，广东东莞、顺德地区，河北王岗、永年、邢台地区为主的产业带等一批产业集中区域，培育和形成长三角、珠三角、环渤海三大紧固件产业集群。紧固件企业要立足市场，从自身条件出发，坚持专业化道路，按照经济规律办事，使企业稳定健康。

2. 淘汰一批——消灭亏损企业

目前，一些小企业特别是家庭作坊式小企业，因无法承受钢材及人工费用等波动的影响而亏损严重，这些企业的产品又都是低端“大路货”，因不适应市场需求，应该关停并转，这是市场法则。要支持企业兼并重组，坚持有保有压，化解过剩产能。

6.2.3 紧固件产业远期发展目标及工作重点

提升一批“专、精、特、优”企业，全面推进工业 4.0。到 2035 年，整体达到世界紧固件制造强国阵营中的上等水平。在我国机械工业系统中，紧固件生产工序中的专用设备自动化程度相对较高，有条件开发利用网络化、数字化、智能化等技术，促进工业化和信息化的深度融合，努力在一些关键领域抢占先机，取得突破。

在未来 20 年中应有一批各具特色的大集团做强做大，在上水平、上能级上做出楷模。这些企业在以工业 4.0 为核心的第四次工业革命中，应将信息技术与制造技术深度融合的数字化、智能化制造为目标。

许多紧固件企业已搭建了电商平台，网上成交客户的比例数正在逐步上升，有些企业已在行业内率先成功将无线射频 RFID 物联网技术应用于客户看板管理。今后应强化建造新的电商平台，打造国际紧固件采购中心平台。

建成一批行业龙头标杆企业。在物联网和务联网（服务互联网）基础上，未来 20 年期间，在行业内加速推广工业 3.0，到 2035 年末达到全覆盖。同时，在一批行业龙头标杆企业中，全面实现“网络 + 机器人 + 自动化”的“智能工厂”的 4.0 初级形式，创立示范，促进全行业组织结构进一步优化，提高全行业产业水平。

6.3 振兴中国紧固件产业的关键措施

6.3.1 研发“大飞”紧固件

大型飞机的制造，代表了一个国家竞争力的制高点，其中的航空紧固件是紧固件中的精品。根据我国研发生产大型飞机的战略决策，我们必须建立独立自主的大型批量生产“大飞”的紧固件生产基地，这个基地的建成将打造我国第一家数字化紧固件研发生产企业，这将极大提升我国紧固件生产技术水平。

飞机紧固件广泛采用钛基、高温合金和非磁性材料等新型材料，设计采用超轻专用长寿命联结技术。飞机、发动机性能的提高，对专用标准件的要求十分严格。要确保产品性能，必须有一整套专有技术体系来支撑，主要由钛合金、高温合金的材料性能，加工特性，特种加工工艺（温、热镦，特种切、磨削，MJ 螺纹滚压等），钛合金真空水淬，钛合金真空涂铝、阳极化等特种表面处理和专门的检测、试验技术组成。目前我国经过飞机、发动机的研制、生产，已探索出一套飞机、发动机用紧固件的专有关键技术，基本形成了技术体系，但同国外先进技术相比，将

该技术转化为大型飞机紧固件的制造技术，尚需作一定的调整和努力。

目前我国飞机、发动机新型紧固件的制造主要是仿制俄罗斯、美国，或直接从俄罗斯、美国、欧洲进口，以满足我国新机研制或民航客机的需求。国内在航空新型紧固件的制造上还停留在仿制和研制阶段，特别是在钛合金材料性能的掌握和镦制高锁螺栓、高锁螺母、抽钉、快卸锁、口盖锁、卡箍、管接头和弹簧等的加工工艺、自锁螺母收口、钛合金氧污染防治、钛合金紧固件真空涂铝、特种润滑涂层、耐高温和耐强腐蚀的复合涂层、大规格产品的高温持久、高温蠕变、紧固件连接的应力分析和防松机理研究及材料复验、大规格高温合金紧固件制造等专有技术方面与国外差距很大。

大型飞机所用的紧固件，其技术性能先进，可靠性高，采用了大量的先进技术，这对航空标准件提出了更高的要求，所使用的紧固件广泛采用新材料、新结构、超轻、自锁、高精度、高强度等先进的设计和制造技术。因此，大型飞机所用紧固件比军用飞机采用的紧固件在材料选用、产品结构、加工工艺、技术要求（特别在长寿命）上都更进一步。

紧固件在飞机设计中用量最大，性能的优劣将决定飞机机体结构的性能水平，分为可拆卸型紧固件和永久性连接紧固件两大类。可拆卸型紧固件有螺栓、螺钉等，永久性连接紧固件有铆钉、高锁螺栓、环槽铆钉、抽芯铆钉等。随着损伤容限、长寿命结构设计、复合材料技术的发展，国外大型飞机广泛使用钛合金紧固件和新结构形式的紧固件，大量应用了 Ti6Al4V 钛合金紧固件。

我国的主要航空紧固件工厂经过历次的技术改造后，在军用飞机钛合金紧固件的研制上储备了相当的能力。但在大型飞机上大量使用钛合金紧固件方面，特别是新型的钛合金高锁紧固件和钛合金铆钉方面，与国外相比有较大的差距，如在钛合金紧固件冷热成形、磨削、滚压螺纹、热表处理等制造技术和质量控制等方面。

为了确保飞机机载设备在使用中得到及时保养和维修，飞机机体表面需要开设部分维护口盖。机体构件、锁的设计和选用是口盖设计的重要方面之一。

国外飞机普遍采用头部为不脱落形式的口盖锁，这种口盖锁可以避免托板螺母、螺栓使用寿命短，可以避免螺栓头槽口容易损坏、口盖上的螺栓太密易造成口盖装拆速度慢和螺栓容易装错或丢失等现象，可以满足口盖的密封及承力要求，并满足口盖的快卸要求。这种类型的口盖锁在飞机上广泛使用，明显提高了口盖的维修性。随着对国产飞机可靠性、维修性要求的不断提高，国内现有的标准暂

不能满足要求，迫切需要对标准进行相应的规范。

管路连接件是确保飞机管路系统能否有效工作的重要环节，出现任何故障都有可能导致机毁人亡的恶性事故。目前，世界上各先进工业国家纷纷投入大量的人力、物力和财力开展管路系统紧固件研究。

我国在大型民用飞机管路系统紧固件方面，还没有协调统一的设计规范。虽然在军用飞机的研制中有系列标准，不过从其内容分析，还很难满足民用飞机设计的要求。因此，民用飞机必需建立一套自己的管路系统紧固件标准并获得相关适航部门的认可。

国产飞机的液压系统导管刚性连接件多采用 74° 扩口式导管连接件，个别采用无扩口导管连接件，而国外民用飞机多采用无扩口导管连接件。无扩口导管连接件制造相对复杂，系统重量轻、维护简便、安全可靠。

综上所述，为了满足大型飞机紧固件的研制和批生产要求，确保产品质量，对新型紧固件从材料、结构、工艺、技术上开展周密、深入、细致的研究是必要的。然而，由于种种原因和条件限制，国内尚未建立专门从事大型飞机紧固件设计与开发的专业化研发生产基地，这个市场一直被国外航天紧固件制造公司所占有，不利于为大型飞机紧固件的国产化研制提供必要的技术支持和平台，不符合我国研发生产大型飞机的战略决策。因此，建立大型飞机紧固件研制基地，是填补我国配套民用飞机紧固件的先决条件，是完全必要的。

（1）大型飞机紧固件配套批量生产。为实现高锁螺栓、高锁螺母、钛合金标准件、抽芯铆钉、环槽钉及自锁螺母等紧固件及机体构件、锁、弹簧、衬套、卡箍、管道连接件、操纵系统件的批量生产进行建设。

（2）大规格、新材料、新技术紧固件研发试制中心。大规格、新材料、新技术新型紧固件将是实现大型飞机紧固件完全国产化的关键性技术攻关项目，建立独立的新型紧固件研发试制中心是加快新型紧固件国产化进程、提高项目竞争力的有效手段。

（3）研发生产信息化系统。大型飞机的配套紧固件较其他机型来说，产品品种多，配套量大，技术含量高，新工艺、新材料的应用较为普遍，要求配套进度不断缩短。紧固件从研制、设计、生产、过程控制、质量保证和库存等全生命周期过程的信息成几何级数增长，对传统紧固件研制、生产单位都提出了较高的要求。传统紧固件的管理方式、管理工具、管理方法已不能满足多品种、大批量、产品技术含量高的大型飞机紧固件的研制、生产和配套需要。

因此，本着高起点、高标准、严要求、不重复建设和用信息化促进工业化进步的原则，依托紧固件专业化企业的优势，应用先进的信息化技术贯穿大型飞机紧固件设计、研制、批产和管理的全过程，利用计算机技术、网络技术、控制论、管理论和数据库技术控制管理生产经营活动中的所有信息，通过精益生产、并行工程、敏捷制造打造我国领先的数字化紧固件研发、生产企业，提升紧固件的研发和生产水平，打破国外对我国紧固件的技术封锁，为国民经济的发展和国防事业的建设做出积极的贡献。

为实现这一目标，大型飞机的紧固件从研制、生产、管理、控制等必须要建立覆盖全过程的集成制造管理系统（CIMS）。

6.3.2 冷挤压成形技术

冷挤压成形技术，是当今世界上先进的紧固件和机械零部件加工工艺技术。主要是通过正挤或反挤拉伸复合变形工艺，使复杂类紧固件和关键零部件得以成形，特别是薄壁类、管状类、小模数齿轮带齿或轴肩类较复杂轴类零件，均采用该工艺生产。国内对冷挤压成形技术的应用研究还不成熟，主要是缺乏原材料、模具、装备，更缺乏冷成形专业技术的引领。国内目前生产制造此类复杂关键紧固件和机械基础零件，大多采用热镦或切屑加工的粗放型传统工艺，能耗高，成本高，生产效率低，严重阻碍高技术含量、高附加值紧固件及机械零部件的发展。因此，大力推进和发展冷成形技术产品，认真研究攻关核心技术、原材料、模具等基础技术，提升生产制造技术水平。

6.3.3 数字化技术的应用

1. 智能设计技术的应用

为适应现代生产对冷镦工艺与模具开发的短周期、高质量、低成本要求，将先进的设计理论与方法以及计算机技术，尤其是智能设计技术引入冷镦模具开发过程是必然趋势。

由于冷镦成形工艺与模具设计是一个包含了对知识的继承、集成、创新和管理的复杂过程，因此将智能设计、知识工程（Knowledge-Based Engineering，KBE）等技术与 CAD 技术相结合，开发基于知识的冷镦工艺与模具设计系统可以使设计更富有创造性和预见性，大大节省了开发时间，提高了设计质量，从而使整个模具设计从经验设计向科学设计转变。冷镦工艺与模具智能设计系统的关键技术是：①工艺与模具设计知识的收集、整理、规范化，即知识的表示与知识库构建；②通过对知识库中知识的检索、修改，完成新的设计任务，即知识的推

理与重用。

2. 数值模拟技术的应用

随着计算机技术的飞速发展和 20 世纪 80 年代塑性有限理论的发展，许多塑性成形过程中很难求解的问题可以用有限元方法求解。在冷镦成形领域，通过建模和合适的边界条件的确定，有限元数值模拟技术可以很直观地掌握金属流动过程的应力、应变、模具受力、模具失效情况及镦件可能出现的缺陷情况。这些重要信息的获得对合理的模具结构、模具选材、热处理及成形工艺方案的最终确定有着重要的指导意义。常用的软件有 DEFORM、FORGE、QFORM、MSC/SUPERFORM 等。目前，在冷镦成形数值模拟领域的主要工作集中在：

（1）数值模拟软件的进一步开发。包括：提高模拟结果的可视化效果，增加结果的真实感；增强数据导入导出功能，方便几何模型转换并减少模型信息丢失；改善有限元程序，提高计算效率并设法降低硬件要求。此外，镦件微观组织和机械特性的模拟预测是数值模拟的重要发展方向，属于精确模拟的范畴，为冷镦精确成形模拟技术奠定理论基础。

（2）软件应用基础准备。包括：材料模型、边界条件、摩擦模型的建立；软件操作与应用（如网络技术）；分析工程师的培训。

3. 基于数值模拟的成形工艺优化技术开发

基于数值模拟的成形工艺优化是目前国际冷锻学术界较热门的研究课题。通过数值模拟对成形工艺进行分析，并根据数值模拟结果对工艺参数进行优化，以达到降低成形载荷、减少材料损耗、提高模具寿命的目的。传统优化算法求解时，对优化变量的任何修改均进行模拟，以获取对应的目标值，且模拟次数太多、优化时间过长。基于数值模拟的成形工艺优化技术将数值模拟、优化算法、试验设计和统计分析等现代科学计算方法应用到优化过程中，减少了数值模拟次数，提高了优化效率。

6.4 推动中国紧固件产业发展的相关政策建议

1. 政府部门应重视基础件的研究、开发和投入

小小螺钉作用很大，各行各业离不开它。紧固件作为一个用处极大的基础零件，它的质量优劣，也代表了我国机械工业的水平。各级政府部门应重视与关心基础件的研究、开发和投入，在贷款、减免税和奖励等方面给予优惠。

2. 加强与钢铁企业合作，加快开发研制新型用钢

紧固件行业每年消耗钢材约 700 万～ 800 万 t，约占我国线材的 6% ～ 10%。

随着我国汽车、机械制造、能源、交通、桥梁、建筑、环保、化工及航天、航空等领域的发展，对高精度、高强度紧固件、钢结构连接副及非标异型件的需求日益高涨，对高纯净度、高性能、高质量的冷镦钢需求也更为迫切。但我国钢材批次稳定性较低，纯净度不高，品种规格不全，导致许多合金钢、低合金、耐热钢和不锈钢仍主要依赖进口。为此，应加强与钢铁企业合作，学习台湾中钢经验，进一步开发和使用节能型非调质钢和免退火或简化退火的热轧线材、抗延迟断裂用钢（例如相当于国外的 KNDS2、45CrNiMoTi 及中国钢铁研究总院开发的 ADF1 等超细晶钢）。要开发适应耐高温、高压力、耐腐蚀要求、相当于 SNB5-7、SNB16（JIS4107-94）、SNB21-24（JIS4108）性能的钢种，大量采用合金、低合金钢种，以及满足各种生产工艺需求的不锈钢材料。

随着我国汽车工业的迅速发展，对汽车用高强度紧固件需求不断增长，对紧固件用钢提出了更高的要求。钢铁生产企业要加快开发研制达到国外 10B18M、SAE1021-25、MnB123H 同等水平的新钢种，促进汽车专用紧固件的发展。

3. 提高紧固件生产的自动化程度

紧固件作为基础零件，处于制造业产业链的下游，其生产成本控制非常重要，因此组织高速自动化生产线是控制成本重要途径。目前，国内的紧固件生产自动化程度参差不齐，有的比较好，还有一些比较差，特别是一些产品在线处理与控制技术相对较弱。此外，国内学术界对紧固件行业的关注不够，在紧固件制造领域的基础研究和工艺研究不够充分，往往都是借用其他相关产业技术，从而导致紧固件行业从科研机构获得的技术支持不足。

4. 重视紧固件行业的人才培养

各级政府部门应重视对紧固件行业的人才培养，应在全日制大学、职业技术学院、技术工人学校设置紧固件相关专业，培养各层次人才。从基础研究、设备设计、工艺流程、操作维修等工作都需要有不同团队在努力。

5. 在出口政策上对紧固件行业予以支持

各级政府职能部门应对紧固件行业予以支持，特别是在出口政策上予以支撑，在反倾销的斗争中给予指导与协调。

6.5 紧固件产业转型升级

6.5.1 加快产品结构调整，明确重点产品方向

紧固件产品的品种规格多达几万种，除中、低档紧固件外，主要有 10.9 级

以上高强度紧固件及各类非标异型件、组合螺钉及组合件、不锈钢紧固件、IT 产业微型螺钉、自锁类紧固件、钛合金紧固件、汽车专用紧固件及各种表面处理、化学涂料类紧固件等，这些紧固件产品广泛应用于航空、军工、电站、铁路、汽车、摩托车、农业机械、矿山、石油、冶金、水泥、纺织、造纸和仪器仪表等各行各业，对振兴我国机械装备制造业具有重要影响。

备受关注的“中国制造 2025”中提到的十大重点领域为新一代信息技术产业、高档数控机床和机器人、航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、电力装备、农机装备、新材料、生物医药及高性能医疗器械等，这些领域使用的紧固件基本上都是高端产品。

其中，高性能紧固件的代表性产品为汽车紧固件、航空紧固件和高速铁路钢轨紧固件系统，它们的技术含量和附加值都较高。

1. 汽车紧固件

1956 年 7 月 13 日，国产第一辆汽车驶下总装配生产线，这是由长春一汽生产的“解放牌”载货汽车，在结束中国不能制造汽车的历史、圆了中国人自己生产汽车之梦的同时，也决定了中国汽车业自诞生之日起就重点选择以中型载货车、军用车以及其他改装车（如民用救护车、消防车等）为主的发展战略，因此，使得中国汽车工业的产业结构从开始就形成了一种“缺重少轻”的特点。

改革开放后，我国汽车工业进入全面发展阶段。大家意识到，汽车制造业是个巨大的现代化工业王国，但高耸在皇座上的是轿车。近 30 年中，随着轿车工业的启动，我国汽车工业发生了史无前例的大变革，成为我国汽车工业新旧时代的分水岭。

我国汽车工业发展与壮大的历史也是我国汽车紧固件行业的历史。因为每一个汽车主机厂的周围必定有一大批零部件生产企业，其中有数个汽车紧固件制造厂，他们大都与主机一起在发展壮大，有些已被市场淘汰，但是形成较大规模与实力的汽车紧固件企业并不多。改革开放前，在上百家的汽车紧固件厂中，供给载重货车的紧固件主要是主车厂的紧固件分厂生产的。

一般来说，一辆中型载货汽车上用的紧固件近 500 个品种，4 000 多个。据估计，一辆载货汽车上所用的紧固件数量占汽车总零件数量的 40% 左右，但价值仅为整车成本的 2.5% ～ 3%。载重货车的紧固件几乎 100% 由国内制造，其中 60% 为通用紧固件，基本上是由市场上购买，另外的 40% 则由汽车紧固件厂生产提供。

轿车大批量生产以后，许多轿车紧固件的结构已有较大变化，质量要求也十分苛刻，产品要达到高强度、高精度、组合化、异形化以及高度可靠性，力学性能在 8.8 ～ 12.9 级的螺钉、螺栓和力学性能在 8 ～ 12 级的各种螺母占了总数的 80% 以上。

轿车上使用的紧固件主要分为通用紧固件与专用紧固件两大类。通用紧固件性能要求低，价格低廉，制作简单，一般从市场上购买。专用紧固件则由汽车紧固件工厂专业生产。据国外资料统计，一辆轿车中的专用紧固件品种约 500 种，数量为 3 000 ～ 3 500 个。重量为 50 ～ 80kg，价值 100 ～ 150 美元，其中包括发动机专用螺栓在内的汽车专用紧固件 300 ～ 350 个，价值 50 ～ 80 美元。

汽车专用紧固件，包括保证动力传递安全的发动机连杆、缸盖飞轮、变速箱螺栓、制动器、主传动转向机构、轮毂螺栓和门铰链固定用螺栓等众多零部件。由于体积小、种类多，且为主机配套的小零件，表面上并不起眼。尽管紧固件产值占汽车工业总产值的比例不高，但它带给关键构件和汽车的附加值与重要性却很高。

紧固件作为汽车零部件的连接件，随汽车一起在各种恶劣的服役环境中接受考验，应用于高温高压、低温、振动、腐蚀、重载、交变应力、抗剪切抗扭转等各种场合。紧固件的失效和损坏引发事故或灾难的概率非常高，因此，对制造汽车紧固件要求非常高。对于制造汽车紧固件的冷镦钢线材而言，在紧固件成形之后，还需经过热处理和表面处理以达到较好的淬透性、回火稳定性和良好的综合力学性能。紧固件在服役期间需要承受各种应力，为保证构件稳定，还要求紧固件具有足够的冲击韧性、较低的缺口敏感性、良好的抗蠕变性能以及耐蚀、耐寒和良好的抗延迟破坏性。

乘用车使用的紧固件超过 80% 是高性能异形高强度紧固件，其中 10.9 级以上的使用合金钢线材的部分占 50%。一些关键紧固件产品，如汽车上发动机连杆螺栓、飞轮螺栓、车轮螺栓、悬挂螺栓等重要紧固件，目前还有相当一部分依靠进口。以乘用车为例，引进的高档知名品牌汽车虽然在国内生产线上装配，但车上的紧固件有 70% 以上是进口的，造成这种情况的原因一方面是由于产品的知识产权归属外方，另一方面则是由于我国的紧固件产品和制造这些紧固件的线材在品质稳定性方面存在问题。

作为紧固件最大的需求用户，20 世纪 90 年代以来，我国汽车工业经过十余年的高速增长，2011 年以来增速虽略有放缓，但仍维持了稳步增长的态势。

2012 年汽车产销量分别达到 1 927.18 万辆和 1 930.64 万辆，同比分别增长 4.63% 和 4.33%，这是我国汽车销量首次突破 1 900 万辆。2013 年，我国汽车行业出现恢复性增长，全年产销量首次突破 2 000 万辆大关。2014 年，汽车产销量分别达到 2 372.29 万辆和 2 349.19 万辆，同比分别增长 7.4% 和 6.9%，并连续 6 年蝉联世界第一。随着我国成为全球最大的汽车产销国，我国汽车紧固件具有良好的市场发展前景。

2. 航空紧固件

紧固件是航空航天飞行器上的重要机械基础件。相关资料显示，一架中型飞机需要的紧固件通常为 200 万～ 300 万个。近十多年来国外先进的大型飞机通过采用新材料和新结构紧固件，结构重量减轻了 4%。这些数据表明，紧固件技术对于各类飞行器的性能和制造成本具有重要影响。

我国政府积极鼓励航空航天紧固件发展。《国家产业政策结构调整指导目录（2013 年修订）》中鼓励类第十四类第 33 条提到了发展“高强度（12.9 级以上）、异形及钛合金紧固件”。工业与信息化部《高端装备制造业“十二五”发展规划》的发展重点中围绕重大装备和高端装备配套需求，重点发展 11 类机械基础件、6 类基础制造工艺和 2 类基础材料，提到了发展“飞机及航天器专用铝镁合金紧固件，自锁类紧固件”。

无论是军用还是民用，现代飞机大量采用了紧固件的机械连接方法，将组成飞机的零件、组件、部件连接成整体，其类型结构多种多样，根据使用部位、使用环境、使用载荷、寿命要求、安装方法的不同而进行选用。航空紧固件有多种分类，按可拆卸与否分为可拆卸紧固件和永久性紧固件，其中可拆卸紧固件包括螺栓、螺钉和螺母，永久性紧固件包括高锁螺栓、高锁螺母、普通螺钉、环槽铆钉、抽芯铆钉、镶嵌钉等；按安装方便与否分为开敞结构使用的紧固件和不开敞结构使用的紧固件；按受力载荷分为抗拉型紧固件和抗剪型紧固件；按装配精度分为间歇型紧固件和干涉型紧固件。航空紧固件按产品种类进行分类较为普遍，主要分为：铆钉类、螺栓（螺钉）类、螺母类、单面紧固件类、特种紧固件类等产品类型，每一大类包括多种品种、规格，满足不同材料、结构的安装需要。

在航空界，人们将空中客车公司（Airbus）、波音公司（Boeing）和中国商用飞机公司（COMAC）的竞争称为“ABC”的竞赛，如今三家公司竞争的主战场在我国。我国在未来 20 年内将成为世界最大的航空市场。中国商用飞机公司希望国产飞机在中国市场占据 1/3 的份额，也就是“ABC 三分天下”。

3. 高速铁路钢轨紧固件系统（普通铁路钢轨扣配件）

在 20 世纪初的铁路建设中，铁路钢轨紧固件被称为道钉，是一种锻打的粗制品，与今天在高速铁路上用的成套扣件系统已完全不是一个概念。

我国通过消化吸收所拥有的高速铁路扣件系统的研发、设计、生产和集成技术（包括后续的技术改进），已掌握了包括最高时速 350km/h 客运专线和最高时速 250km/h 客运专线的整套扣件系统技术，实现了国外先进技术、国内优秀设计成果、企业一流生产管理经验的有机结合，使用国际先进的生产设备和技术，将国内设计的扣件系统在自动化生产线上批量、稳定的生产出来。举世瞩目的青藏铁路建设工程中，我国设计生产的钢轨扣件系统在气候环境最恶劣的高海拔及 550km 冻土路段的大扭矩铁道扣件招投标中一举中标，并多次参与我国高速铁路轨道扣件系统采购项目竞标。

铁路扣件产品一般由弹条、紧固件、铸铁件和弹性件组成 1 套。分为 4 个型号（IV 型、V 型、WJ-7 型和 WJ-8 型）的高铁扣件系列产品，可应用于时速 250km/h 和时速 350km/h 的高速铁路。一般厂家目前都是制造主要的零件，其余有关部件委托其他供应商代为加工，最理想的厂家应能自主提供全套扣件产品。

委托供应商加工会带来两个问题：一是不同批次的产品质量难以保持一致性；二是给按期交货带来困难，铁道部门的交货期可预见性不高，企业在交货之前往往都处于全负荷生产，若是配套不全、供应不足，对交货会产生很大影响。

现在，一些厂商已取得了国内设计单位的合法授权，采用国内自主研发的弹条 IV 型或弹条 V 型扣件系统和 WJ-7 型或 WJ-8 型扣件系统成套技术，同时组成中外联合体，使用国外的扣件系统成套设计、集成和生产技术。利用国内扣件系统的成套技术成果和国外先进的生产技术满足客运专线需要。

随着我国高速铁路建设的全面展开，客运专线及城际轨道交通的铺轨里程数将快速增长，我国专业生产的、以高速铁路扣件为主的高强度异形紧固件在铁路领域的发展前景十分广阔。

6.5.2 加强紧固件重大技术装备的工艺研究与攻关

未来 10 年，紧固件生产技术、设备的重点是冷挤压技术与设备。由于金属冷成形制造技术相对金属切屑、冲压和热锻制造技术来说，具有环保、节能减排、材料利用率极高、生产效率高、制造成本和劳动强度低等优点，因此，越来越多地被大型紧固件和特殊零件的制造企业所重视和采用，从而也推动了我国金属冷成形技术装备的快速发展。对装备制造企业来说，由于自身产品的不断开发和技

术的更新换代，具有广阔的市场和发展空间。

金属冷成形技术装备的发展主要集中在以下几个方面：

（1）产品规格的大型化。随着我国基本建设（道路、铁路、桥梁、厂房）的加快和电力工业、汽车工业的发展，大规格的紧固件需求量不断增加（尤其是M20、M24、M30等紧固件），因此，大规格的紧固件制造装备的需求量不断增加。过去采用加热冲压生产手段制造大规格紧固件（如扭剪型螺钉、钢结构螺钉、铁塔螺钉、风力发电螺钉、载货汽车轮胎螺钉等大型规格产品）的企业，为了提高产品质量和劳动生产率，降低生产成本，实现节能减排，纷纷进行技术改造，以冷镦替代热冲，需要大规格的冷镦机技术和装备。

（2）适应零件的复杂化。随着我国汽车工业的发展和国产化进程全面发展，汽车、载货汽车的年产量迅速提升，以车用零件为代表的特殊零件采用冷成形制造工艺生产，已成为降低成本提高效率的必然趋势。由于特殊零件的形状复杂，精度要求高，使冷成形机的成形工位数越来越多。近几年，杆类零件冷成形机发展到四工位、五工位甚至六工位，而筒类零件冷成形机发展到五工位、六工位甚至七工位、八工位，同时，冷成形机的运动定位精度和切断精度有了很大的提高。因此，必须研究高速、高冲击载荷、交变应力工况下精密多工位冷镦机机身和部件的优化设计技术，高强度金属线材在高速冲击载荷下的变形机理、流动应力模型、温度效应、动态破坏现象分析及遗留效应、冷镦模具延寿技术等。

（3）生产效率的高效化。我国紧固件和零件制造装备与国外进口产品的重要差距突出表现在生产效率方面，设备使用厂商迫切希望装备制造企业加快技术改造和技术进步，通过采用新型结构和提高加工质量，将设备的生产效率提高到接近进口产品的水平。

（4）控制的自动化。零件冷成形技术的应用越来越广，特殊紧固件批量少但种类多。为了提高产品质量，加快产品规格的调整速度，提高设备的利用率，对冷成形机的自动控制、自动监测和快速调整功能有了更高要求。随着变频技术、人机对话界面和数控技术在制造装备业的广泛使用，紧固件和零件的制造装备也开始逐渐采用以上技术，设备机电一体化的程度也越来越高，尤其是在零件冷成机上使用的越来越多，技术也越来越成熟，目前可编程控制器已经应用于新装备上。采用国产数控系统实现多参数显示、故障诊断、在线监控、模具寿命管理等功能，最终实现高端紧固件的生产效率和产品质量。

（5）制造的集约化。

近几年紧固件和零件制造装备的迅速发展，与技术和制造的集约化分不开，特别是通用零部件专业化制造技术和质量的提高以及新产品的开发和引进，为紧固件和零件制造装备的零部件采购和选用提供了高质量和低成本的来源（如离合制动器、液压控制单元、润滑冷却单元等集成控制系统），使得紧固件和零件制造装备的关键零部件性能和质量，尤其在自动化控制、生产效率提高、产品性能稳定性和可靠性保证方面有了提高。如瑞士哈特贝尔（HATEBUR）公司的COLDMATIC 系列冷镦锻机采用多工位卧式锻造，工位间以机械手夹钳自动送料、高速剪切下料系统保证毛坯的表面质量和精度，可单独调节的机械手可以把任意形状和长度的工件很好地夹持并在恰当的时间传送到下一工位。在 COLDMATIC AKP 4-6S 设备上可以实现精密下料并通过 6 个工位完成小齿轮件的成形：①精密下料；②无须对料段整形的前提下对小直径部分进行挤压；③键槽部分的正挤压；④端部镦粗；⑤小齿部分的反向挤压成形（无须翻转零件）；⑥在凹模侧将台肩直径减小；⑦对小齿部分进行最后的精整。该零件生产效率可达 160 件 / min。

因此，未来 10 年的重点的项目是“零件高速多工位冷镦系列”，通过对多工位工艺技术的研究，配置快速换模、在线监控等装置，达到人机一体化，从而使设备的稳定性能更好，噪音和废气排放均达到环保要求，能生产 10.9 级紧固件及零件产品，生产效率达到 100 ～ 200 件 /min，满足重大工程的重点产品需求。

6.5.3 推进紧固件产品创新发展的重大研发项目

1. 推进航空航天紧固件创新发展的相关技术、工艺、装备

紧固件是航空航天飞行器上的重要机械基础件。相关资料显示，一架中型飞机需要的紧固件通常为 300 万～ 400 万个。近十多年来国外先进的大型飞机通过采用新材料和新结构的紧固件，重量减轻了 5%。这些数据表明，紧固件技术对于各类飞行器的性能和制造成本具有重要影响。我国政府积极鼓励航空航天紧固件发展。《国家产业政策结构调整指导目录（2013 年修订）》中鼓励类第十四类第 33 条提出发展“高强度（12.9 级以上）、异形及钛合金紧固件”。工业和信息化部《高端装备制造业“十二五”发展规划》发展重点中围绕重大装备和高端装备配套需求，重点发展 11 类机械基础件、6 类基础制造工艺和 2 类基础材料，提出发展“飞机及航天器专用铝镁合金紧固件、自锁类紧固件”。

现代航空紧固件用材料主要包括铝合金、碳合金钢、不锈钢、钛合金、耐热

合金等。由于钛合金具有较好的综合优良性能，因而 90% 以上的螺纹紧固件均为钛合金紧固件，其中 Ti-6Al-4V 紧固件占大多数，产品主要包括钛合金螺栓、钛合金高锁螺栓、钛合金螺纹抽钉、钛合金环槽钉等。发动机所使用的紧固件大多为耐热合金紧固件。组合类紧固件（如铆钉）等根据结构不同，采用铝合金、不锈钢、钛合金、耐热合金等单一材料或多种材料组合。

螺纹类紧固件是飞机上承载较大部位所使用最多的紧固件，其中螺栓主要包括普通螺栓、高锁螺栓、锥形螺栓等。对于飞机设计，减重是一项重要指标，采用高比强度材料可实现对比强度较低的大规格紧固件的替代。因此，在飞机机体结构上大量采用 1 100MPa 的 TC4 钛合金紧固件。另外，在设计中除要考虑对比强度外，还需考虑抗疲劳、耐腐蚀、刚性、脆性、相容性、耐热性等性能。

大型飞机的制造，代表了一个国家科技与制造能力的高点。其中，航空紧固件是紧固件中的精品。根据我国研发生产大型飞机的战略决策，我们必须建立独立自主的大型批量生产“大飞”的紧固件生产基地，打造我国第一家数字化紧固件研发生产企业，极大提升我国紧固件生产技术水平。

2. 推进研发轿车高性能异形紧固件系列产品的技术、工艺

汽车高强度紧固件的性能要求较高，高强度是其基本特征。随着汽车结构设计的不断创新，紧固件形状也发生了变化，出现了大量的形状复杂系数较高的紧固件，即所谓的“非标标准件”。高性能、高复杂系数的紧固件目前国内生产的产品还不多，10.9 级以上的高强度汽车紧固件大部分依赖进口。

在乘用车的各个总成中，轿车高性能异型紧固件系列产品在使用性能上是最重要的联接部件之一，它联接轿车的发动机、变速器、传动、制动、悬挂、车身、减震、轮毂、转向、门窗盖、电器、空调、安全系统等部件。轿车高性能异型紧固件系列产品属于特殊零件，其特点是：外形结构复杂，安全性要求高，与其结构联接精度高、寿命长、性能稳定。同时，作为一项重要质量指标，零部件产品的清洁度，其重要性受到更大的关注，这已成为汽车高速化和轻量化的发展过程中需要解决的关键问题之一。

一方面，高强度汽车紧固件的需求量巨大、市场前景良好，另一方面，高强度紧固件产品大量依赖进口、受制于人。因此，紧固件行业面临着很大的挑战，但也迎来了很好的发展机遇。围绕汽车高强度紧固件产品技术中关键问题，开展系统研究，大幅提高我国汽车紧固件行业的技术水平，摆脱受制于人的局面。

推进汽车专用高强度紧固件产品的性能研究，主要包括两个方面。

（1）汽车高强度紧固件尺寸精度控制技术研究。镦锻时，零件和模具都会发生弹性变形，热处理过程中会发生热处理变形，这些变形必然影响汽车高强度紧固件的尺寸精度，有必要研究弹性变形、热处理变形对零件尺寸精度影响的规律，在此基础上提出汽车高强度紧固件尺寸精度的控制方法。

（2）汽车高强度紧固件在线质量检测技术研究。汽车高强度紧固件的特点是产量大，产品质量要求高，其质量目标是“零缺陷”，需要件件检测，实现PPM ≤ 1，以保证使用安全。因此，研发汽车紧固件在线质量检测技术，可以节省劳动力成本，提高紧固件产品质量的可靠性。

3. 推进高速铁路钢轨紧固件系统的研发

该项目符合国家有关行业的指导政策，国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录》（2005 年版）鼓励类第二十项铁路第 3 款客运专线、高速铁路系统技术开发及建设。项目的建设是适应紧固件行业的发展，顺应市场变化的需要，尤其是《装备制造业调整与振兴规划》首次明确提出了“坚持发展整机与基础配套水平提升相结合”的基本原则，并将包括高强度紧固件在内的基础部件列为提升四大配套产品制造水平之一，以夯实产业发展基础。这充分体现了国家调整和振兴基础零部件工业的坚强决心，作为装备工业基础零部件之一的紧固件正迎来历史上难得的发展机遇。

研发铁路扣件计算模拟设计和检算系统。用于扣件系统的模拟设计研发中心前期工作重点是进行投标扣件系统的试制和质量控制。要引进、吸收、消化国外先进的扣件系统技术，通过对客运专线扣件系统的研究和开发，实现自主创新。与设计单位联合研发适应中国铁路客运专线不同线路条件的扣件系统，力争短期内开发出拥有自主知识产权、满足中国铁路客运专线以及重型载货汽车使用要求的扣件系统。

4. 推进高强度紧固件高速精密镦锻工艺研究

高强度紧固件生产的工艺过程是：原材料改制→冷镦成形→螺纹加工（滚螺纹或者搓螺纹）→热处理→表面处理→分选包装。

（1）原材料改制工艺及改制后材料的变形行为研究。研究材料改制工艺，获得合理的材料综合力学性能，提高材料的塑性变形能力。研究不同应变和不同预应变条件下的汽车用高强度紧固件材料的变形行为，建立流动应力模型，为镦锻成形过程精确数值模拟提供有力的支撑。

（2）高强度紧固件冷镦锻成形精确数值模拟及基于数值模拟的工艺优化。复杂高强度紧固件镦锻成形往往是多工位连续成形，其数值模拟区别于常规的一步成形，其工艺设计也与一步成形不同。精确数值模拟技术可以仿真紧固件的多工位连续成形过程，基于模拟结果辅助工艺设计，进而实施工艺的优化设计，可以有效地提高设计效率并优化工艺方案。

（3）成形后热处理技术研究。材料改制时获得的有利于提高塑性的组织经冷镦锻成形后是不会改变的，紧固件在冷镦锻成形后存在由塑性变形引起的残留应力。成形后热处理除了克服上述问题，并要满足紧固件的最终使用性能要求。粗放式的热处理工艺会造成无谓的能源消耗，因此，需要深入研究精确的热处理工艺，在达到高性能要求的同时节约能源。

（4）表面处理技术研究。高强度紧固件的表面质量与结构直接影响紧固件的使用状况，表面处理可以大大提高紧固件的耐磨性、耐蚀性和润滑性等性质。表面摩擦因数作为螺纹紧固件的一个重要参数，直接影响着螺纹联接的质量，不同的表面处理将会影响紧固件的摩擦因数。因此，研究选用合理的表面处理技术，有利于提高汽车高强度紧固件的使用寿命。

（5）镦锻成形中的摩擦与润滑研究。镦锻成形中的摩擦与润滑（包括毛坯的润滑和模具的润滑）影响着汽车高强度紧固件的表面质量、成形载荷和模具寿命。评估现有润滑剂及润滑方式，优选润滑剂及润滑方式意义重大。

（6）冷成形技术研究。研究和应用冷成形技术的前提，是要获得合理的材料综合力学性能，提高材料的塑性变形能力。高性能异型紧固件系列产品的结构复杂，通过研究国际上先进的冷成形技术，解决产品复杂结构，应用冷挤压一次成形工艺完成产品的复杂结构，使其冷挤压成形精确数值模拟及基于数值模拟的工艺优化，而镦锻成形往往是多工位连续成形，其数值模拟区别于常规的一步成形，其工艺设计也与一步成形不同。精确数值模拟技术可以仿真紧固件的多工位连续成形过程，基于模拟结果辅助工艺设计，进而实施工艺的优化设计，可以有效地提高设计效率并优化工艺方案。

5. 紧固件高性能高速工模具系列的研究与开发

我国紧固件行业产量是全球第一，但销售收入仅占全球收入的 1/8，产品附加值和技术含量低。因而，全行业必须加快产品结构调整，从中低档向中高档方向发展，向异型和组合件方向发展，向复合表面处理方向发展。目前我们的主要问题是原材料纯度不高、品种少、稳定性差，工模具精度差、寿命低，工模具生

产设备精度不高，在线检测技术落后。所以，应对高性能、高强度专用材料，工模具加工技术和相关热处理装备及在线检测等进行技术攻关。通过攻关和努力，不断减少产品进口量（目前每年进口紧固件 25 万～ 30 万 t，25 亿～ 30 亿美元），既提升全行业的技术水平，又可获得可观的经济效益。

在高性能异型紧固件系列产品加工时，高速精密镦锻模具对模具寿命的要求非常高，因此要综合考虑模具材料的性能和模具材料的热处理工艺进行模具选材。结合我国实际，提出符合我国高强度紧固件生产实际的模具材料选用规范是重要研究方向。高性能异型紧固件系列产品生产中的高速精密镦锻模具的结构较为复杂，成形过程速度快，模具温升较高，模具寿命往往较短，研究高速精密冷成形模具的延寿策略是模具的核心问题之一。模具表面强化技术的研究，是改善模具耐磨损、抗疲劳性能，提高高速镦锻模具寿命的重要途径。

推进高强度紧固件高速精密镦锻模具技术研究与开发，重点包括：

（1）模具选材研究。高强度紧固件高速精密镦锻模具对模具寿命的要求非常高，因此模具选材时要综合考虑模具材料的性能和模具材料的热处理工艺。结合我国实际，提出符合我国汽车高强度紧固件生产实际的模具材料选用规范是重要研究方向。

（2）模具冷却技术的研究。高强度紧固件高速精密镦锻模具的结构较为复杂，成形过程速度很快，模具温升较快，为保证模具寿命，成形过程中模具需要充分冷却。如何实现高速镦锻模具的充分冷却成为高速镦锻模具的技术瓶颈之一。因此，研究模具快速冷却方法，设计模具冷却机构与装置，显得尤为重要。

（3）模具延寿技术的研究。高强度紧固件高速精密镦锻模具的主要失效形式为疲劳断裂。只有提高模具寿命才能降低单件成本，提升我国高强度紧固件的国际竞争力。提高模具寿命是模具领域永恒的主题，研究高速精密镦锻模具的延寿策略是模具的核心问题之一。模具表面强化技术（如 PVD 等）的研究，是改善模具耐磨损、抗疲劳性能，提高高速镦锻模具寿命的重要途径。

（4）采用有限元法进行计算机辅助设计，用二维/三维模拟软件完成模具研究与设计。紧固件行业重点攻关的关键共性技术项目为“紧固件高性能高速工模具系列的研究与开发”，通过这一项目的研究，解决紧固件生产的瓶颈问题。

6. 建设紧固件行业技术创新体系

目前我国紧固件行业中高强度非标异型件的生产技术、检测手段、新材料研究、热处理及表面处理与国际先进水平比较仍有较大差距。在紧固件行业转型的

时刻，提升加工水平，研究攻克生产难关，开发研究新材料、新工艺是紧固件行业坚持科学发展、提升技术能级的关键。

应该组建一个技术服务中心，主要从事新材料、新工艺开发和研究，试验方法和检测技术研究，在线无损检测研究，热处理和表面处理新技术、新工艺的研究和工模具设计等。该中心的建立，将成为全行业一流的技术中心。并加强与大型紧固件企业的沟通联系，利用企业内已有基础，建立 10 个研究开发实验室和研发基地，购置先进试验设备和检测分析仪器，为国家重点工程项目服务，面向全行业开放服务。

到 2025 年，紧固件产业的整体素质已明显提高，初步形成一批具有国际竞争力的大型企业及企业集团。在这些大企业中，已建成具有较强检测能力的检测中心和具有一定科研开发能力的技术中心，其主要产品的质量和可靠性接近或达到发达国家水平，基本解决重大技术装备的关键质量问题，显著提高关键产品的可靠性和安全性。

目前，沈阳和上海已有技术研究所，但他们承担的科研开发、设备设计、工程实验及产品检测等工作已不能适应全行业快速发展的需求，针对紧固件企业点多分散、基础技术工作薄弱的特点，有必要建设一个共性的基础技术服务平台 —— 中国紧固件行业技术服务平台。

（1）平台建设的必要性。目前我国紧固件行业中低强度紧固件技术基本稳定。但是，高强度、非标异型件生产技术、新材料研究、热处理及表面处理和检测手段处于开发初期，与国际先进水平比较，仍有较大差距。日本从非标异型件转向中小型零件，如轴类、小模数齿轮等，冷挤、温挤复合工艺远远超过我国；比利时耐德斯洛夫公司技术中心已开发成铝合金新型紧固件替代钢制紧固件，并在德国汽车工业中使用，减轻整车重量。因此，提升紧固件加工水平，研究攻克生产难关，开发研究新材料、新工艺已提到议事日程，也是我国紧固件行业调整结构、转变增长方式、提升全行业的核心竞争力的关键。

（2）平台建设的内容。以已有相关研究所为基础，联合组建我国紧固件行业技术服务平台。

建立材料研究室，主要从事新材料、新工艺的研究。建立工艺研究室，主要从事新工艺开发研究，工模具设计和研究。建立热处理、表面处理研究室，主要从事热处理、表面处理新技术、节能、环保研究。

建立检测技术试验室，主要从事产品检测技术、在线无损检测及试验方法的

研究。

通过引进人才，瞄准世界先进技术和工艺，承担国家的重大基础件研究项目，加快自主创新步伐，建成一流的技术中心。

（3）平台的投资。主要用于若干研究室的筹建，添置高、精、尖的先进试验和检测设备，添置必要的工艺试验设备，面向企业从事工艺、工模具方面的研究，为科研和企业服务。

让我们坚持创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，着力实施创新驱动发展战略，立足本企业，面向全行业，脚踏实地，努力工作，为实现我国紧固件强国之梦而奋斗！

参考文献

[1] 赵震，陈军，吴公明．冷温热挤压技术[M]. 北京：电子工业出版社，2008.

[2] 李德祥．冷镦工工艺学[M]. 上海：上海科学技术文献出版社，1993.

[3] 李德祥，俞汝庸．多工位冷镦工艺[M]. 北京：机械工业出版社，1975.

[4] 李英亮．紧固件概论[M]. 北京：国防工业出版社，2014.

[5] 全国螺纹标准化技术委员会．GB/T 196—2003 普通螺纹基本尺寸[S]. 北京：中国标准出版社，2004.

[6] 全国螺纹标准化技术委员会．GB/T 197—2003 普通螺纹公差[S]. 北京：中国标准出版社，2004.

[7] 全国刀具标准化技术委员会．GB/T 968—2007 丝锥螺纹公差[S]. 北京：中国标准出版社，2007.

[8] 全国螺纹标准化技术委员会．GB/T 2516—2003 普通螺纹极限偏差[S]. 北京：中国标准出版社，2004.

[9] 全国紧固件标准化技术委员会．GB/T 5267.1—2002 紧固件电镀层[S]. 北京：中国标准出版社，2003.

[10] 全国紧固件标准化技术委员会．GB/T 3098.17—2000 紧固件的机械性能检测氢脆用预载荷试验平行支承面法[S]. 北京：中国标准出版社，2004.

[11] 全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会．GB/T 11376—1997 金属的磷酸盐转化膜[S]. 北京：中国标准出版社，2004.

[12] 全国紧固件标准化技术委员会 . GB/T 5267.2—2002 紧固件非电解锌片涂层 [S]. 北京：中国标准出版社，2003.

[13] 全国紧固件标准化技术委员会 . GB/T 5267.3—2008 紧固件热浸镀锌层 [S]. 北京：中国标准出版社，2009.

[14] 全国紧固件标准化技术委员会 . GB/T 5267.4—2009 紧固件表面处理耐腐蚀不锈钢鈍化处理 [S]. 北京：中国标准出版社，2009.

[15] 全国螺纹标准化技术委员会 . GB/T 9145—2003 普通螺纹中等精度、优选系列的极限尺寸 [S]. 北京：中国标准出版社，2004.

[16] 全国螺纹标准化技术委员会 . GB/T 15756—2008 普通螺纹极限尺寸 [S]. 北京：中国标准出版社，2009.

[17] 全国螺纹标准化技术委员会 . GB/T18684—2002 锌铬涂层技术条件 [S]. 北京：中国标准出版社，2002.

[18] 全国螺纹标准化技术委员会 . GB/T22028—2008 热浸镀锌螺纹在内螺纹上容纳镀锌层 [S]. 北京：中国标准出版社，2008.

[19] 全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会 . GB/T13912—2002 金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法 [S]. 北京：中国标准出版社，2002.

[20] 全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会 . GB/T 12334—2001 金属和其他非有机覆盖层关于厚度测量的定义和一般规则 [S]. 北京: 中国标准出版社，2004.

[21] 全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会 . GB/T13825—2008 金属覆盖层黑色金属材料热镀锌层单位面积质量称量法 [S]. 北京：中国标准出版社，2009.

[22] 全国紧固件标准化技术委员会 . GB/T18230.3—2000 栓接结构用大六角螺母 B 级 8 和 10 级 [S]. 北京：中国标准出版社，2004.

[23] 全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会 . JB/T10619—2006 无铬锌铝涂层技术条件 [S]. 北京：中国标准出版社，2007.

[24] 全国紧固件标准化技术委员会 . GB/T 5267.2—2002 紧固件非电解锌片涂层 [S]. 北京：中国标准出版社，2003.

附　录

附录 A　中国紧固件行业“十三五”发展规划（节选）

“十三五”是机械工业调结构、转方式、产业升级的重要时期，是机械工业实施《中国制造 2025》、装备制造业“走出去”强国战略的重要阶段。基础零部件核心技术的突破是确保制造业强国战略目标实现的关键。

“十三五”规划是行业发展的纲领性文件，是支持政府决策的重要参考依据。规划编制的过程是凝聚行业智慧，展现行业意志，反映行业诉求，形成业界发展共识的过程，是引领行业、服务行业发展的一项重要工作。

编制规划的原则：贯彻落实《中国制造 2025》目标任务，紧固件产业由大变强；既要为企业战略发展提供导向性意见，又要为政府部门建言献策；坚持问题导向，突出重点问题，聚焦短板，集中发力，务求突破。

紧固件行业发展规划是机械通用零部件规划的组成部分，受工业和信息化部装备司委托编制，规划期为 2016—2020/2025 年。

一、发展现状与面临形势

（一）发展现状

经过多年的努力，我国已成为门类齐全、规模庞大、基础坚实、竞争力强的紧固件制造大国，成为全世界最主要的紧固件生产国之一，产量达到全球的 40% 左右。在全球经济发展疲软的形势下，我国经济仍保持平稳发展。2015 年销售额超过 720 亿元，产量达到 730 万 t，出口 48.9 亿美元。“十二五”期间销售额年平均增长率为 3.4%。现在，全国紧固件生产企业超过 8 000 家，其中规模以上企业近 2 000 家。江、浙、沪、冀、粤等地区的紧固件企业相对集中。全行业超亿元的企业有 200 多家，销售收入 400 多亿元，约占全国销售收入的 60%，出口创汇千万美元以上企业有 60 多家，占全行业出口创汇的 80% 以上。这些企业抓住改革开放的机遇，坚持走技术创新之路，学习国外先进技术和经验，提高产品的技术含量，不断改变紧固件行业经济增长方式，使企业得到飞速发展，成为紧固件行业各具特色的大集团和大公司。

1. 为重大装备配套能力明显提高

近年来，通过创新发展、转型升级、提质增效实现了产品技术和质量的大幅提升，为汽车制造、轨道交通、航空航天、海洋船舶、工程机械、电子信息以及风电和核电等主机装备提供优良配套产品，国内市场占有率已达 90% 以上，并大量出口国外市场。行业经济运行质量和效益明显提高。高强度紧固件已经为汽车、高速铁路等重大工程配套，开发成功应用于 C919、ARJ21-700 等飞机上使用的铝合金铆钉、钛合金紧固件、钛合金高锁螺栓等产品，取得供应商许可证，开始替代进口。

2. 自主创新能力有所增强，技术基础有所提高

（1）技术基础建设方面取得进展

到 2015 年年底，全行业建成多个国家级企业技术中心和省级、行业级技术中心，一批企业实验室通过 CNAS 认可。企业通过建立的国家级或省市级技术中心、研发中心、硕士或博士工作站，与高等院校合作等多种方式推动企业的产品设计能力提升、制造工艺改善，并实现产品的优化升级。

（2）取得一批重大科技成果

一批为重大装备配套的强基工程项目正在紧锣密鼓进行。企业专利技术的数量和质量有新的提高，专利技术数量呈明显的上升趋势。

1） 生产高强度紧固件的两个关键技术点 —— 材料与热处理技术攻关取得了突破，并日趋成熟。高强度紧固件被广泛应用于汽车、柴油机、压缩机等行业，为批量生产 12.9 级高强度紧固件提供了技术支持。

2）一批耐高温紧固件和大规格（M30 ～ M56）10.9 级高强度紧固件研发成功，表明企业在耐高温材料、热镦及热处理工艺方面取得突破。大规格 10.9 级高强度紧固件按国外先进标准在材料选用、热镦、热处理及表面处理等技术攻关方面取得重大进展。

3） 五工位、六工位冷镦机的研发和运用，使一些异性、制造工艺复杂的紧固件攻克了冷镦变形大、模具寿命短的技术难关，从而使紧固件延伸的机械零件产品得到开发。

（3）标准制定修订取得新的进展

完成了一批国家标准和行业标准的制定和修订工作，及时将最新的研究成果及技术进步体现在标准中，为引领技术进步和规范市场起到了积极的作用；积极参加国际标准制定和修订，承担制定了一批国际标准。

3. 企业创新理念、管理水平显著提高

广大企业坚持调整转型优结构、创新驱动促发展，主动适应新常态、积极应对新挑战。坚持专、精、特发展，重视提质增效。企业进行高水平的技术改造，采用新技术、新装备，建设自动检测生产线，显著提高了生产效率和产品质量。企业依法经营和承担社会责任的意识、环保和安全生产意识明显加强，努力建设资源节约型、环境友好型制造企业。通过不同程度地在技术创新、管理创新、营销创新等方面的实践，推动企业的升级发展。

已有上海上标汽车紧固件有限公司等11家企业被认定为行业重点骨干企业，海盐宇星螺母有限公司等4家企业被认定为重点出口基地。浙江明泰标准件有限公司等9家企业获专、精、特示范企业称号。

技术的进步带动了质量工作的提高。中国机械工业联合会对中国机械工业优质品牌企业进行表彰，被授予中国机械工业优质品牌的有宁波金鼎紧固件有限公司、东风汽车紧固件有限公司等5家企业。

4. 企业走向世界，发展良好

有不少企业走出国门，在国外投资办厂，创办各种模式的经营公司，为客户提供面对面的服务。2014年，上海集优机械股份有限公司成功竞投收购了全球最大紧固件公司之一——荷兰内德史罗夫公司（Nedschroef，该公司成立于1894年，是欧洲领先的汽车和航空紧固件生产商之一），从而强化了全球紧固件生产销售的强势地位。从上可以看出企业家们全球发展布局的战略眼光，从产品出口转向多方位进入，并取得良好的发展态势。

（二）存在的差距

现阶段行业发展的主要问题是产业大而不强，自主创新能力不强，产品质量和综合效益不高，结构性矛盾突出，主要表现在以下方面：

1. 核心技术薄弱

我国紧固件核心技术薄弱，核心技术创新能力不足，原创性技术产品少，创新体系缺失，基础理论和支撑数据缺乏，研发周期长、效率低，同质化低端产品重复严重。如汽车发动机紧固件目前仍依赖进口。我国是紧固件出口大国，但进出口价差高达4～6倍之多。

2. 产品质量仍有差距

产品结构性矛盾突出，中低档产品产能过剩，高档产品能力不足，形成低层次重复建设，同质化现象普遍。

在主机产品的故障中，因紧固件失效引发故障的案例与国外先进水平相比明显偏多。

3. 综合效益较低

生产效率、材料利用率、产品一次合格率以及单位产品综合能耗和污染物排放水平与国际先进水平差距显著，紧固件中低档产品仍占较大比例。目前， 我国能源利用效率比发达国家低 10 ～ 20 个百分点。

4. 支撑服务体系薄弱

我国产业核心技术创新能力不足、创新效率不高的重要原因之一，是缺少共性技术支撑体系和“专精特”产业技术支撑体系。

（三）面临的形势

1. 产业发展新常态

经济增长产业升级将更多地依靠人力资源质量提升和技术进步，创新成为驱动发展的新动力；高质高效集约化发展成为业界发展的主流宗旨；绿色制造是企业发展的新业态；服务型制造业将是产业发展的新延伸、新拓展；网络化、智能化制造是制造业发展的新趋势，它为产业融合、分工深化提供了强大的技术工具和集成平台，紧固件产业趋向纵向智能化发展或横向跨界整合的网络化发展。

要全面分析认识紧固件产业发展的新常态、新要求，遵循产业发展规律，抓住新机遇， 迎接新挑战。

2. 企业的转型形势

多数企业仍处于机械化和自动化阶段，信息化程度较低，与工业发达国家差距明显，距“工业 4.0” 较远；紧固件行业存在结构性产能过剩，产业高端技术缺失和低成本优势丧失问题，又面临国际经济格局的双向挤压，供应侧结构性改革任务艰巨；人口红利逐渐消失，未来将面临人力断层的严峻局面；当前企业面临国内外市场需求趋缓、全球技术竞争加剧、环境保护压力加大、制造成本上升、下行压力大，去库存、降成本、淘汰落后产能的复杂形势。

转型是方向之变、结构之变，改变当今，开启未来。站在十字路口，紧固件制造业没有退路，只有步伐坚定，高水平地如期完成转型升级，才能实现中高速发展目标，确保中速发展的底线，避免低速迟滞发展的困境。制造业能否成功转型将直接关系国家经济转型的步伐，我们要有积极参与、争夺主动优势的危机意识，分析机遇与挑战，找准紧固件产业的新定位，选择发展方向和途径。

3. 市场新形势、新特点

党的十八大以来，面对国际经济持续疲软的新形势，党中央、国务院加大了深化改革力度，明确了强国目标，做出了《中国制造 2025》、强基工程、“一带一路”、长江经济带和京津冀一体化等战略部署，释放着巨大的市场商机。

新一代信息技术、高档数控机床和机器人、航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、电力装备、新材料、生物医药及高性能医疗器械、农业机械装备等重大装备自主发展的优惠政策，为紧固件进入高端市场开启新的前景。

投资类需求比重下降，民生消费类需求比重上升；新建工程带来的增量需求下降，在役设备维修保养的存量需求上升；技术和服务对增长的贡献度明显上升，再制造、生产性的服务业等发展较快，所占比重不断上升，紧固件市场需求结构出现新的变化。

国际化经营渐成大趋势。在面向两个市场，用好两种资源，立足国内的同时，发展外向型经济、实现两个市场经营成为紧固件行业新一轮发展的大趋势。

（四）市场需求预测

市场是动态的、变化的，要善于抓住不平衡市场出现的新机会。推进供给侧改革，优化产业结构，提高质量，扩大内需，替代进口，稳定出口，是紧固件行业未来五年市场的主攻方向。

紧固件是工业产品中的基础件，市场需求基本稳定，在各领域中的占比如下：机械工业（汽车、发电、环保等）占 25% ～ 30%，建筑工程（铁路、桥梁、公路、钢结构、维修）占 20% ～ 25%，电工电器占 8% ～ 10%，其他行业占 5%，出口约占 35% ～ 40%。紧固件出口份额较大，国际贸易摩擦也呈多发态势，应加强国际市场的研究，促进沟通了解，调整外销策略和方向，调整出口产品结构布局及出口产品的增长方式。

我国已与世界 160 多个国家和地区建立紧固件商贸关系。为此，我们要坚持创新，提高产品技术含量、质量和服务水平，更好地服务于世界经济的发展。要坚持诚信至上，公平、公正地按国际贸易规则办事，加快出口市场结构调整，规范全行业的进出口贸易，建立更好的贸易秩序，促进出口贸易健康发展。要提高我们对出口工作的认识，深刻认识到反倾销的长期性、复杂性和反复性。顾大局，识大体，严于律己，加大打击扰乱国际贸易秩序的行为，共同维护和发展紧固件

的出口环境。紧固件行业通过了“加强企业自律，促进紧固件出口良性发展”的决议。

二、指导思想与发展目标

（一）指导思想

着眼紧固件制造强国目标，主动适应经济发展新常态，以市场需求为导向，以两化（自动化、信息化）融合、绿色制造为发展主线，以提高核心创新能力和提质增效为中心，提升产品质量、可靠性和服役寿命，破解重大装备“空壳化”问题，推动紧固件产业向智造型、质量型、品牌型转变。

（二）发展目标

“十三五”期末，由目前中档水平发展到中高档水平，至 2025 年，拥有一批高端紧固件产品，紧固件产品整体质量提升到中高档水平，涌现出一批具有可持续创新能力的专、精、特企业，产业进入世界强国之列。为此，提出如下发展目标：

（1）技术突破目标：至 2025 年，突破紧固件产品技术瓶颈，达到国际先进水平，实现批量生产；产品标准和认证体系基本实现与国际接轨。

（2）提质增效目标：至 2025 年，产品质量达到世界中高档标准水平，监督抽查合格率明显提高；企业综合效益显著提高，能耗降低 30%，生产效率提高 30%。

（3）产业升级目标：至 2025 年，培育 10 ～ 20 家高端紧固件制造企业，具有专项产品的自主技术优势，达到国际同类企业先进水平；涌现 3 ～ 5 家国际知名的大型企业。

（4）市场发展目标：至 2025 年，中高档产品销售额和世界市场占有率位于世界前列。

三、产业发展重点

本着重大装备配套急需、技术先进、产业带动性强的项目优先原则，确定“十三五”重点发展项目。

（一）产业技术发展方向

（1）设计技术：可靠性设计、耐疲劳设计、轻量化设计、动态模拟仿真、优化设计。

（2）工艺技术：高速高精度加工技术、高效率智能加工技术、表面强化工艺技术、工模具设计及制造技术、绿色制造技术。

（3）材料技术：高强度专用钢铁材料、碳纤维、轻量化材料、环境友好工艺辅助材料。

（二）产品发展方向

高档化、绿色化、轻量化、个性化。现阶段提升产品质量性能的关键技术是紧固件热处理及表层强化技术、高品质高强度钢铁材料等，必须集中力量攻关突破。

（三）高强度、高可靠性紧固件发展方向

紧固件向高精度、高强度、高可靠性、高锁紧、强耐蚀性、耐高低温、轻量化、长寿命等方向发展。产品成形向高速度、高精度、多工位冷镦成形方向发展；大件产品由热成形向冷温镦锻成形发展；成形基础技术研究向高速冲击载荷下冷温镦锻成形机理、流动应力模型、CAE 数值仿真模拟发展。

“零缺陷”理念已是高质量的必备条件，国外知名紧固件企业在紧固件结构设计、新材料、润滑、热处理、表面处理、在线检测和实时监控等方面进行技术改进，不断提高紧固件的质量保证能力。

发展高品质钢材，耐热、耐腐蚀、高韧性、抗疲劳钢及钛合金、铝合金等高强度紧固件产品，为汽车发动机、核电、风电、高铁及大飞机等重大工程配套服务。 比利时内德史罗夫公司（Nedschroef）技术中心已开发成功铝合金新型紧固件替代钢制紧固件；德国毅结特集团公司（EJOT Group）开发成功碳纤维自攻螺钉，并在德国汽车工业中使用。

（四）重点开发

航空航天紧固件，轿车高性能紧固件，汽车发动机紧固件（连杆螺栓、缸盖螺栓、飞轮螺栓），高速铁路配套扣件系统，风力发电配套螺栓，特殊异形紧固件，小型零件、组合螺钉及组合紧固件，不锈钢紧固件，铝钛合金紧固件，碳纤维紧固件，IT 产业微型螺钉，自锁类紧固件，化学涂覆类紧固件等。

（五）重点攻克

大规格紧固件的冷镦机技术和装备，复杂形状紧固件精密成形技术，自动化智能化冷镦精密成形机，突破高品质材料技术、精密热处理技术、表面处理技术等关键技术。

1. 精密成形工程基础研究

精密镦锻成形过程机理研究，包括原材料改制工艺及改制后材料的变形行为研究；研究高强度金属线材在高速冲击载荷下的变形机理、流动应力模型、温度效应、动态破坏现象；多工位连续镦锻成形过程数值模拟仿真软件编制，优化镦

锻工艺过程；研究高镍耐热钢、高温耐腐蚀钢、钛合金钢等新材料紧固件的生产工艺。

2. 高精度复杂成形工艺及装备开发

汽车用异型紧固件及小型机械零件的形状复杂、精度要求高，冷成形机的成形工位数多到五工位、六工位甚至七工位，并且对运动定位精度和切断精度要求高。对产品批量少而种类多的生产，为了提高生产效率，对冷成形机的自动控制、自动监测和快速换模调整功能提出了更高要求，需研制一批人机对话、自动控制、自动监测和离线换模功能的新型冷成形机和自动在线检测设备。

3. 大规格和微小规格的紧固件成形工艺及装备开发

为了提高大型规格紧固件的产品质量和劳动生产率，降低生产成本和节能减排，要求以冷镦替代热冲成形，需要解决大规格紧固件成形工艺及装备。为拓展紧固件企业的市场领域，向小型零件的冷成形加工扩展，研发生产轴类、小模数齿轮等零件类产品工艺。

4. 大飞机紧固件制造技术开发

国家大飞机、支线客机和军用飞机制造需要批量供应航空紧固件，其结构、性能要求和材料与其他领域应用的紧固件差别很大，而我国对航空零件材料及工艺的可靠性、安全性研发十分欠缺，应尽快加强航空紧固件的研究开发。

5. 提高钢材品质，增加新钢品种

开发和使用节能型非调质钢和免退火或简化退火的线材、延迟抗断裂用钢，开发以适应高压力、耐高温、耐腐蚀的合金、低合金钢种，以及满足各种生产工艺需求的不锈钢材料。汽车用高强度紧固件需求也不断增长，同钢企合作开发研制达到国外同类 10B18M、SAE1021-25、MnB123H 等水平的一批新钢种，促进汽车专用紧固件的发展。

四、主要任务

规划实施是实现发展目标的关键。突出战略重点，推进五项重点工程，开展四项行动计划。

五项重点工程：

（1）推进自主创新工程，突破技术发展瓶颈

（2）推进提质增效工程，实现产品质量升级

（3）推进结构调整工程，加快产业转型升级

（4）推进软实力培育工程，增强企业持续发展力

（5）推进体系建设工程，夯实技术创新基础

四项行动计划：

（1）核心产品专项计划

（2）“一厂一品一创新”行动计划

（3）钢材提质行动计划

（4）职业技能培训计划

（一）推进自主创新工程，突破技术发展瓶颈

聚焦短板，精准攻关。本着有限目标、有所作为的原则，围绕重大装备急需，确定一批高端紧固件及重要专用装备作为攻关重点，纳入工业和信息化部强基工程的选题篮子中。结合强基工程择优支持、滚动支持一批骨干企业，选择国际先进的对标企业、对标产品，制定创新赶超的发展计划。创新工程的主要目标是重点突破核心技术壁垒，以点带面提高核心零部件的自主创新能力。

1. 核心产品专项计划

筛选项目：汽车发动机用高强度、高精度紧固件（连杆螺栓、缸盖螺栓、飞轮螺栓等）；航空航天专用高强度、高精度紧固件；300km/h 以上高速铁路配套扣件系统，高速轨道车辆用高强度紧固件等。

2. 短板装备专项攻关

国家将集中支持《中国制造 2025》十大重点领域所急需的短板设备以及长期依赖进口的专用生产装备攻关，重点解决机械基础件、基础工艺和关键配套所需的专用生产设备。紧固件企业要抓住机遇， 积极争取实施“短板设备攻关专项计划”项目，以系统解决方案供应商、装备制造商与用户联合的模式，研制出行业急需的专用设备。如六模六冲智能冷镦成形机等。

3. 关键非标异型件和小型零件工模具技术攻关

非标异型件及小型零件是全行业结构调整和产品转型升级的一项极为重要的工程项目，要通过动态模拟仿真技术，以及可靠性设计及三维有限元技术的应用，优化工模具的设计、制造，强化表面处理、热处理技术，提升工模具寿命及产品成形技术，攻克全行业工模具的短板。

（二）推进提质增效工程，实现产品质量升级

聚焦薄弱，精准加强推进质量品牌战略，切实加强质量控制薄弱环节，提高全行业产品整体质量水平。

强化质量品牌的理念，树立细节决定质量的意识，提倡精益求精、精雕细刻

的敬业精神，开展质量品牌示范活动。通过市场的公平竞争，发挥市场在配置资源中的决定性作用，坚持以质量取胜，创造出知名品牌。

1. 制造过程质量控制

推广先进质量管理技术和方法。开展质量标杆和领先企业示范活动，普及先进的生产管理模式和方法。树立细节决定质量的意识，通过对设计与工艺全过程精细严格的控制管理，不疏漏任何一个细节，形成独家特色的技术，按照严格的工艺管理程序，保证产品的安全性、可靠性、一致性和耐久性。特别是要满足汽车、飞机和重大装备等对紧固件“零缺陷”的质量要求，加强产品进入市场前的试验考核，提高产品的可靠性。

采用先进的专用设备，加快机器换人进程。紧固件加工专用装备的质量水平远远不能满足高端紧固件生产的需要，是制约提高生产效率、稳定产品质量的重要环节。采用高质量、高稳定性、高效率专用装备，提升关键工艺过程控制水平，提高生产效率和保证产品质量。

要重视建设新产品中间试验能力，支持建立行业产品试验基地。以资产为纽带，发挥企业和各级检测机构的积极性，建立联合检测机构或分支机构，满足企业与用户的需求。

2. 职业技能培训计划

拥有高素质的管理、技术、技能人才是提质增效的基础。重点培养和塑造一支懂技术、肯钻研、技能型的紧固件企业操作人才队伍。积极推进职业技能培训工作，在广泛进行行业初级、中级和高级培训鉴定的基础上，加强紧固件行业高技能人才的培养，要开展多种形式的职业技能技术竞赛，培养选拔高素质优秀人才。

3. 钢材提质行动计划

钢材立足国内，质量必须提升。紧固件质量水平提升与专用材料技术水平密切相关，材料的基本特性及其稳定性对中高端紧固件的制造影响很大。目前国产钢材不能完全满足高端紧固件产品的质量要求。要把提高钢材质量列为重点攻关行动，同钢厂联合解决我国专用钢材批量小、批次多、质量不稳、成本高的问题。加强钢材的质量提高和控制技术研究，提高钢材的性能质量。结合我国实际情况，制定先进的钢材质量标准。

4. 标准制修订和宣传贯彻

标准化是质量的基础工作，为产品质量升级提供支撑。

加强行业标准化工作，协同国家有关部门，联合标准化技术委员会，组织抓紧

标准的立项、制修订、更新、发布、废止工作；规范市场秩序，引导企业差异化定位，优化产业结构，疏解过剩产能，淘汰落后产能；加强行业自律，避免恶性竞争。

加强产业之间的沟通交流，实现上下游产品标准对接；参与原材料质量标准的制定，促进新材料、新工艺的推广应用。

跟踪国际先进技术发展趋势，加强紧固件标准化工作，注重推进行业标准与国际“接轨”，要把加强标准的制订贯彻作为提高产品质量效益的重要基础。与全国紧固件标准化委员会协同，加大宣传和贯彻标准的力度，推动企业贯彻执行国际先进标准，提高标准化水平，使我国紧固件制造向紧固件创造发展。

标准化工作要突出重点。对于重大装备、重点工程，要加大产品标准化力度，提高标准化水平。

5. 提高综合效益

高效率、低成本是企业的生存根基和竞争优势。目前紧固件产业与世界先进水平差距显著。

（1） 调整产业结构，淘汰落后产能产品

按照结构优化、布局合理、资源优化、形成合力的要求，鼓励企业以多种形式的合作、重组以及兼并，引导企业差异化定位，推进结构调整，创新经营模式。要大力进行产品的升级换代，逐步淘汰投入多、消耗大、成本高、劳动密集、效益低下甚至亏本的低档紧固件产品和产能。

（2） 坚持技术进步，实施精细化管理

采用新技术、新装备，提高生产效率。提升紧固件行业总体管理水平，做好资源的合理配置，改善企业的现场管理、劳动管理、成本管理，提高劳动生产率。鼓励企业节能节材降耗技术改造，降低制造成本，发展循环经济。加强行业自律，避免恶性竞争。

（3） 开拓“互联网 +”模式，催生新的高效率运营方式

互联网与大数据都在改变着生产方式和经营方式。在转型过程中，要善于运用互联网思维，积极顺应互联网经济发展的形势，开拓“互联网 +”的模式，同技术创新、经营模式创新、资源整合创新相结合，加强制造服务业与网络化的融合，催生新的高效率互联网运营模式。

（三）推进结构调整工程，加快产业转型升级

1. 专精特发展，服务型制造延伸

（1）开展“一厂一品一创新”行动计划

聚焦细分，做精做强。专业化、精品化、特色化是紧固件产业新的特征。产

业结构调整的关键在于产品结构调整，在于提升企业的专业化、精品化、特色化水平。企业应在细分市场上狠下功夫，选择世界对标企业和对标产品，制定赶超技术路线图和行动计划，提升企业和行业的综合竞争力。以开展“一厂一品一创新”行动计划为抓手，推进“专、精、特”产业结构向更高层次发展。

构建合作共赢的结构关系。争取政府强基工程支持。利用政府引导资金的示范和杠杆效应，对在“一厂一品一创新”行动计划中涌现出来的优秀“专、精、特”企业，争取给予多方面政策与服务的滚动支持。

紧固件企业主动参与整机的总体设计。协同整机，无缝对接，充分发挥整机的牵引作用，减少紧固件产品进入市场的阻力；要把企业的产能同其产业链产能有机整合，形成同心协力、创新共赢的利益机制；要把企业利益同客户利益融合一体，有利于稳定用户市场和开拓新的用户市场。

（2）支持大型企业集团或公司，发展以互联网、产业链为纽带的企业集群

大型企业集团或公司是紧固件制造强国的主力军。紧固件大型企业集团或公司可以集聚技术研发、人才资源、创新投入等优势力量实现重大突破，与国际同行同台竞争，是引领行业技术进步的“火车头”，积极支持大型企业集团或公司的成长，对标世界强企，争创全球最强。

鼓励兼并重组，盘活存量资源，要特别鼓励强强联合兼并的集团化发展方式，整合优势优质资源；支持企业走出去，实现资源配置国际化，建立国际化用户市场。

建立以紧固件大企业为中心、以产业链为纽带、技术市场一体化的紧固件企业，形成结构优化利益共享的产业链企业集群；实施横向跨界整合的互联网络化发展，形成结构优化的大企业集团或公司。

（3）推动服务型制造业发展，提供整体解决方案

紧固件行业的服务型制造业发展空间很大，推进“互联网 + 制造业”经营服务模式创新，做好主机配套和维修保养两个市场的“互联网 +”的服务。紧固件企业要以全球客户需求为中心开展全程服务，从提供传统产品向提供产品与服务整体解决方案转变。在增量市场趋缓的背景下，在售后服务市场上发掘更大的生长空间。善于发现需求，创造需求，满足需求。

2. 智能化转型发展

智能制造是中国紧固件制造未来的发展方向，是企业成长的关键要素和支撑平台，“两化”融合上升为企业发展的核心战略。根据本行业的现实情况，“十三五”期间的重点是加速推进自动化和信息化升级，主要工艺智能化改造获得实质性突破，推进实施智能制造示范项目。

紧固件企业结合本企业的特点，立足在融合与创新上下功夫，用“互联网 +”推动制造系统集成创新，促进企业向高端发展；加强制造服务业与网络化的融合，促进制造服务业的发展。

（1）智能化工艺和智能产品

智能化的基础是工艺技术，紧固件的核心技术必须依靠本专业自主研发攻关，而信息智能技术是创新的助力加速手段，能使一些难以实现的工艺技术得以生产实施。研发设计技术的数字化、智能化，将缩短设计制造时间，降低新产品进入市场的时间成本，提高效率。设计制造智能化产品或为智能产品配套的零部件，将是一个新的市场领域。

（2）智能化生产线

从实际出发加快“工业 3.0” 步伐，由低级到高级、由简单到复杂逐步升级发展。用机械手或自动化的工序设备代替人完成一道或几道工序，如搬运及产品的检验、包装等，实现高效稳定的制造工序。随着机器人的发展，一些复杂工序将由智能机器人完成，实现高效稳定的智能化制造。

重点发展信息化智能化加工检测的生产线。要逐步推进生产工艺过程的自动化、在线检测智能化及生产过程在线信息采集。通过示范企业总结经验，提出紧固件产业的技术改造指导性意见。

（3）网络化智能制造企业

在物联网和务联网（服务互联网）基础上，“十三五”期间，在紧固件行业内加速推广发展个性化定制、网络协同开发、电子商务一体的智能制造示范企业。“十三五”末，达到行业全覆盖。同时，在一批行业龙头标杆企业中，全面实现“网络 + 机器人 + 自动化”的“智能工厂”的初级形式，创立示范，促进全行业组织结构进一步优化，提高全行业产业水平。

（4）电子商务平台

推进“互联网 + 紧固件”，打造若干个电子商务平台，培育一批成熟的电商企业和电商服务企业，促进紧固件销售和物流方式的转变。通过推进“互联网 + 中小企业”，给中小微企业提供咨询、培训、信息化的商务服务。

3. 坚持绿色发展

保护环境是国家的基本国策。《中华人民共和国环境保护法》是企业自律的准则，也是企业生存的底线和红线。

（1）绿色制造企业

强化企业绿色环保的社会责任意识，顺应时代要求，提高环保意识，坚持资

源节约型、环境友好型发展方向。坚持“绿色供应链”“低碳制造”“零排放”等新产品设计要求，鼓励紧固件企业主动作好环保技术改造。

参照国际先进标准，制定节能节材降耗、降低成本的规划目标和行动计划，走出一条低消耗、低排放和高质量、高效率的绿色制造发展道路。

（2）制造绿色产品

产品绿色化日渐成为制造业转型发展的新趋势。轻量化、低能耗、低污染将是零部件产品重要的竞争力指标。随着主机节能减排技术标准的提高，轻量化和高效节能的紧固件是产业发展方向。

（四）推进软实力培育工程，增强企业持续发展力

可持续发展是企业永恒的主题。在现今调整转型谋发展的关键时期，企业家最为关注的问题莫过于企业的可持续发展。

企业软实力是一种无形的力量，是企业核心竞争力的重要组成部分，是影响企业发展的长期性、基础性和战略性要素，是实现可持续发展、基业常青的灵魂和关键。

1. 培育正能量的企业文化

培育营造善于学习、勇于创新、精益求精、质量至上、诚信敬业的正能量企业文化。要形成尊重知识、尊重人才的良好氛围，营造公平竞争择优发展的制度环境、待遇适当无后顾之忧的生活环境。鼓励创新，权益奖励，使人才队伍充分发挥积极性、创造性。加强在市场上、展览会上及媒体上宣传企业、展示企业，提高企业的知名度。重视企业文化的巨大作用。

2. 坚持品牌建设

品牌是企业软实力的集中体现，以诚信为基础，以产品质量和优质特色服务为核心，提升产品的美誉度和认知度。市场是培育评价企业软实力的良师益友和试金石，坚持市场标准，向市场学习。

3. 坚持以人为本

充分调动员工的积极性、创造性，培养一批素质优良、敬业爱企的职工队伍，是企业软实力的基础。为此，重点培养和塑造一支懂管理、会经营、开拓型的企业经营管理人才队伍；重点培养和塑造一支善开发、肯学习、创新型的企业技术人才队伍；重点培养和塑造一支懂技术、肯钻研、技能型的企业操作人才队伍。

4. 提高战略决策力和执行力

伴随着企业发展过程，特别是在当前调结构、转方式及“工业 4.0” 变革的重要时期，企业面临着一系列重大的方向性、战略性的决策，关乎企业的兴衰发

展。紧固件企业决策者要不断提高企业领导层的战略性思维、前瞻性眼光、战略性决策能力和执行能力，不断增强防范市场风险意识，引领企业持续健康发展。紧固件企业未来发展的关键主要是企业领导的战略性决策。

（五）推进技术支撑工程，夯实技术创新基础

要提高企业的技术创新能力，缩短创新周期，提高创新效率，需建立强有力的紧固件共性技术支撑体系和“专精特”产业技术支撑体系。

着眼于中长期发展，由政府主导，以企业、大学、科研院所为主体组建网络化研究中心。通过“互联网 + 科研”的模式，实现高效管理运营。

加强行业高新技术和共性技术研究，已经成为提升紧固件产业必不可或缺的重要举措。

要进一步充实健全现有的行业技术服务平台能力，为行业提供更好的服务。

通过“十三五”规划的实施和落实，使紧固件行业保持可持续发展，要牢固树立创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，紧紧瞄准国家《中国制造2025》“一带一路”发展战略以及到 2020 年全面实现小康社会目标，坚持创新驱动，调结构、促改革、稳增长，加大技术创新和技改力度，加速产品结构调整步伐，加快环境治理，绿色生产；要把握新机遇，调整心态，冷静思考，克服浮燥情绪，面对市场，面对客户，面对企业自身，定方向、定产品、定目标、定措施，加快技术创新和技改步伐。

要依托科技创新，推进信息、网络技术与传统产业结构相结合，提高自动化、智能化水平；要实现紧固件行业产品规格大型化、机械零件复杂化、操控手段智能化、生产过程高效化、产品检测自动化及制造技术集约化。牢牢把握中国经济发展新常态，结合行业、企业实际，不断创新发展。要紧紧依靠国家产业政策和强基工程，依据“一带一路”《中国制造 2025》涉及的十大重点产业， 瞄准重大工程项目加强配套服务，把扩大内需作为调整市场结构的一项长期任务，着力建设好一批大市场；加速电子商务平台建设，加速内销市场的发展；要把握市场变化，调整出口区域及内外销比例。在行业龙头企业中推行“工业 4.0”和“互联网 +”，促成若干“网络 + 机器人 + 自动化”的智能化企业初步形成，创立示范。促进全行业持续稳定地发展，为实现中国紧固件强国而努力奋斗！

附录 B　中国紧固件行业大事记（2007—2016 年）

2007 年

1 月 26 日　晋亿实业股份有限公司在上海证券交易所股票上市（晋亿实业，股票代码：601002），首次公开发行 2.1 亿 A 股股票，成为中国大陆紧固件行业第一股。

2 月 1 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会在上海举行迎新春团拜晚会。荷兰、美国、日本、韩国、印度、中国台湾等国家和地区在大陆投资的紧固件企业应邀出席。

3 月 21—23 日　德国标准件协会会长库尔曼先生及紧固件公司富士先生和达瑞国际实业股份有限公司何福龙先生对河北永年的标准件产业、市场进行了为期 3 天的考察。

3 月 26 日　德国磊亚公司（REYHER）董事长 HergenOetjen 先生在磊亚（上海）紧固件有限公司总经理刘海华陪同下，考察上海市紧固件和焊接材料研究所，就紧固件质量检测事宜进行合作洽谈。

4 月 3 日　嘉兴市紧固件进出口企业协会召开一届二次会员大会，通过了“关于加强全市紧固件行业自律，维护经营秩序的倡导书”。

4 月 17 日　苏州爱恩机械有限公司在江苏省苏州市高新区成立。该公司是美国国民机器公司全资控股的子公司，注册资本 280 万美元，总投资 560 万美元，主要设计开发、制造生产高精度紧固件和非标零件的高速冷成形专业设备。

4 月 21 日　首届中国（海盐）紧固件技术与进出口贸易洽谈会暨中国国际紧固件五金城奠基仪式，在浙江海盐举行。

4 月 23 日　埃及贸工部国际贸易政策管理中心反倾销局发出通知，决定对从中国进口或原产地是中国的各种型号的木螺钉和自攻螺钉发起反倾销调查，调查期为 2006 年全年。

4 月 27 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会发布的《关于表彰 2005—2006 年度全国紧固件行业优秀企业、优秀企业家和科技先进工作者的决

定》文件表彰了优秀企业家 9 名、优秀企业 15 家、行业科技创新先进工作者 2 名。

5 月 19 日 中国机械工业联合会在北京召开 2007 年机械工业名牌工作研讨会，紧固件被列入 2008 年重点培育指导目录。

5 月 河北省永年县因紧固件生产被河北省科技厅认定为河北省区域特色产业基地。

6 月 16 日 中国紧固件产业转移示范工程、河北省重点项目 —— 邢台宁波紧固件有限公司开业庆典在开发区宁波工业园举行。该公司由 7 家企业投资，年产 30 万 t 紧固件。邢台宁波紧固件有限公司 2006 年 2 月 15 日在邢台宁波工业园正式开工建设，企业占地 1 000 亩（66.67 万 m^2），主要生产高强度紧固件，80% 以上产品出口。

6 月 18 日 经国务院批准，国家六部委发布通知，规定从 2007 年 7 月 1 日起，钢铁紧固件产品出口退税率从 13% 调整至 5%。

7 月 5 日 金蜘蛛紧固件行业培训中心在杭州正式启动，这是中国第一个紧固件行业培训中心。

8 月 1 日 全球最大的紧固件供应商德国伍尔特集团在沈阳—欧盟经济开发区建设的伍尔特工业园及阿诺德紧固件（沈阳）生产厂破土动工。伍尔特集团将斥资 3 亿欧元建设占地 30hm^2 的工业园，首家进驻的企业是伍尔特旗下企业阿诺德紧固件（沈阳）有限公司。

9 月 1—6 日 上海上标汽车紧固件有限公司为上海通用汽车提供的、用宝钢生产并经南京宝日改制的 SCM435 材料制作的 10.9 级高强度螺栓，在通用烟台流水线上一次试装成功。

10 月 8—9 日 由全国紧固件标准化技术委员会组织，《混凝土用膨胀型锚链》国家标准制定会在宁波召开。该标准由宁波安拓实业有限公司主持起草，是企业首次参加国家标准的制定。

10 月 10—13 日 2007 中国紧固件、弹簧及专用装备展览会在上海新国际博览中心举行，国内有 80 余家紧固件相关企业参展。

10 月 15 日 2007 年五地域紧固件协会交流大会在日本名古屋举行。香港螺丝业协会在本届大会上提出加入紧固件协会交流大会的申请，经大会主席团讨论，同意香港螺丝业协会自本届大会起正式加入紧固件协会交流大会。根据中国机械通用零部件工业协会紧固件分会建议，大会冠名为“五地域紧固件协会交流大会”。

11月9日 欧盟委员会发布官方公告，应欧盟紧固件工业协会的申请，决定立案对原产于中国的钢铁紧固件发起反倾销调查，调查期为2006年10月1日～2007年9月30日。我国涉案企业1 400余家，涉及金额达7.6亿美元。这是欧盟2004年对中国不锈钢紧固件进行反倾销调查并终裁征收11.4%～27.4%的反倾销税后，对中国紧固件产品发起的又一次反倾销调查。

11月9日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会发出紧急通知，请欧盟反倾销调查涉案企业采取有效措施，积极应诉，密切关注事态发展。

11月10日 宁波紧固件工业协会发出《关于欧盟对我国钢铁紧固件进行反倾销调查应诉工作的紧急通知》。

11月12日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会发表声明，对11月9日欧盟委员会发布官方公告决定对原产于中国的钢铁紧固件发起的反倾销调查提出强烈抗议。

11月24日 宁波东港紧固件制造有限公司举行20周年庆典。庆典上举行了宁波东港紧固件制造有限公司中国驰名商标授牌仪式。

11月26日 第十七届全国紧固件经济贸易和技术洽谈会在上海举行。来自国内外紧固件行业协会的800余名代表参加会议，300余家企业参展。

11月26—28日 欧洲紧固件销售商协会Berrang会长率代表团访问中国，期间参加了第十七届全国紧固件经济贸易和技术洽谈会，参观了上海标五高强度紧固件有限公司、浙江乍浦实业股份有限公司。中国机械通用零部件工业协会刘元杰理事长，紧固件分会冯金尧会长、丁海军副会长、汪士宏秘书长会见了代表团。

11月 慈溪市振成机械有限公司“振成”牌商标被国家工商行政管理总局认定为中国驰名商标。

12月12日 西南地区标准紧固件行业部分重点生产企业发展研讨会在重庆召开。会议由重庆标准件工业公司发起。

12月19—21日 全国紧固件标准化技术委员会在北京举办“中国紧固件标准化五十年纪念暨全国紧标委第四届二次年会”。国家发展改革委、国家质检总局、国家标委会、中国机械工业联合会等主管领导到会并作讲话。全国紧固件标委会主任李维荣、机械科学研究总院屈贤明副院长、中国机械通用零部件工业协会紧固件分会冯金尧会长分别作专题报告。中国机械通用零部件工业协会刘元杰理事长阐述了国家宏观政策对紧固件行业的支持。会议对全国紧固件标委会突出

贡献人员进行了表彰，审查通过了相关紧固件国家标准制修订送审稿。

12 月 21 日　欧洲紧固件分销商协会致函欧盟委员会，就欧盟对中国境内紧固件企业反倾销调查提出书面反对意见。

12 月 30 日　欧盟选定的 7 家欧洲紧固件进口商为反倾销调查取证显示：欧洲紧固件生产能力不足必需依靠进口，欧洲市场绝对需要中国大陆生产的钢铁紧固件，有许多型号的产品是欧洲生产企业不生产的。

12 月　中国航天 694 厂研制的钛合金高锁螺栓，通过了由航天和航空系统专家组成的评审组的工艺评审，标志着钛合金高锁螺栓国产化取得重大突破。

2008 年

1 月 4 日　温州市紧固件行业联合工会正式成立，这是全国紧固件行业中第一家行业联合工会。

1 月 8 日　由中国机械通用零部件协会紧固件分会和泛亚汽车技术中心有限公司联合主办，宝钢分公司条钢厂和南京宝日钢丝制品有限公司承办的“汽车紧固件冷镦钢材料国产化研讨会”在宝钢举办。

1 月 20 日　13 家江浙紧固件企业 1 月收到欧盟发来的问卷调查反馈结果，欧盟已拟定由 13 家企业作为中方企业代表参与反倾销调查应诉，并到江浙进行为期两天的实地核查。

1 月 23 日　商务部公平贸易局和中国机电产品进出口商会在宁波召开应对欧盟反倾销座谈会。

1 月 26 日　在上海召开关于欧盟对中国大陆钢铁紧固件反倾销调查一案的交流会，中国机械通用零部件工业协会紧固件分会会长冯金尧强调要从国家和行业角度看待问题，在取证方面做好文章。

3 月 11 日　欧洲紧固件销售商协会 Berrang 会长率代表团访问上海，中国机械通用零部件工业协会紧固件分会冯金尧会长会见了 Berrang 会长，并就欧盟反倾销案等双方共同关心的问题举行会谈。客人们还参观了上海上标汽车紧固件有限公司，汪士宏秘书长陪同会谈和参观活动。

4 月 15 日　由商务部、中国机械通用零部件工业协会紧固件分会、中国机电产品进出口商会组成的中国紧固件联合代表团，出席欧盟紧固件反倾销案听证会。

4 月 16 日　中国紧固件联合代表团，在比利时布鲁塞尔出席了欧盟对原产

于中国的钢铁紧固件反倾销案的听证会。出席欧盟紧固件反倾销案听证会的中国紧固件联合代表团成员，参观了比利时内德史罗夫公司。该公司年产值4.9亿欧元，紧固件产品占90%以上。

4月18日　出席欧盟紧固件反倾销案听证会的中国紧固件联合代表团成员，专门拜访了欧洲紧固件经销协会会长、秘书长。会见时中方再次阐明了反对反倾销案的观点，重申了双方的共同立场。

5月8—10日　第十八届全国紧固件经济贸易和技术洽谈会在河北省邯郸市举行。中国机械通用零部件工业协会名誉理事长李晓山、理事长刘元杰，紧固件分会会长冯金尧、副会长樊玉龙、夏晓川、丁海军、姜广德，秘书长汪士宏，各地方分会会长、全国各地的紧固件制造企业以及材料、设备、相关企业厂商，共计500余人参加大会。中国机械工业联合会蔡惟慈副会长、国家发展改革委经济运行局景晓波处长应邀出席大会，分别作专题报告和重要讲话。河北省邯郸市委、市政府，永年县委、县政府等领导出席会议，并对大会的召开给予大力支持。

5月10日　晋亿集团在山东平原投资的晋德有限公司在德州市平原县举行开业庆典。晋德集团总投资1亿美元，占地面积35万m^2，设计年产20t高强度紧固件，产值18亿元。

5月15日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会冯金尧会长发出慰问信，对“5.12”汶川特大地震灾区的紧固件企业全体员工和家属表示亲切慰问和祈福。

5月15日　台湾地区螺丝工业同业公会和日本螺丝工业协会，分别致函紧固件分会冯金尧会长和汪士宏秘书长，对“5·12”汶川特大地震的灾民表示慰问和祈福。

5月21—23日　欧盟调查小组Demos先生和Marika小姐一行在中国机械通用零部件工业协会紧固件分会和中国机电产品进出口商会的专人陪同下，先后在邢台钢铁公司、宝山钢铁公司、马鞍山钢铁公司对生产紧固件用材的中国钢厂进行调查。调查工作结束后，冯金尧会长会见了欧盟调查组成员，双方坦诚交换了意见。

6月26日　中国机械通用零部件协会紧固件分会主持的全国标准件行业产品价格座谈会在浙江海盐县召开。冯金尧会长和丁海军、樊玉龙副会长，汪士宏秘书长以及各地方紧固件分会负责人和来自全国各地的30多家行业骨干企业的厂长经理出席会议。

6 月 30 日　中共中央政治局委员、上海市委书记俞正声由上海市国资委、经济委和上海电气（集团）总公司等领导陪同，到上海标五高强度紧固件有限公司调研，听取了上海集优机械股份有限公司副总经理兼上海高强度紧固件有限公司总经理黄文弄对公司近期的发展和传统产业如何转型为生产性服务业的情况汇报，并参观了该公司的现代化物流中心仓库。

9 月 18 日　欧盟在比利时布鲁塞尔欧盟总部再次举行对原产于中国的钢铁紧固件反倾销案当事各方（出口方、进口方和欧洲制造者）参加的听证会。中国机械通用零部件工业协会紧固件分会、中国机电产品进出口商会、常熟标准件厂、乍浦实业有限公司、东莞春雨紧固件有限公司的代表和律师，共同参加听证会。中国商务部、中国驻欧盟使团商经处代表出席会议。

9 月 19 日　欧盟应中国机电产品进出口商会和中国机械通用零部件工业协会紧固件分会的申请，专门就无损害抗辩听取中方律师罗孚先生的发言，中方向欧盟提供了新的证据，重申中国紧固件产品出口欧洲没有构成损害，相反是互补双赢，提请欧盟作出公平公正裁决。

9 月 26 日　为了在行业推广企业的开拓创新精神，紧固件分会秘书处在上海组织召开了上海地区紧固件企业座谈会，就中共中央政治局委员、上海市委书记俞正声到上海标五高强度紧固件有限公司调研时的有关指示，共同探讨中小企业在当前形势下抓好转型调整、在调整中提高的发展思路。

10 月 9 日　由河北省商务厅、邯郸市人民政府和中华全国工商联五金机电商会紧固件专业委员会联合主办的 2008 中国—邯郸（永年）紧固件产品及设备展销洽谈会在河北邯郸隆重开幕，邯郸市四大班子领导出席。

10 月 22 日　国家标准件产品质量监督检验中心召开标准件产业应对欧盟反倾销工作专题会议，联合中国机械通用零部件工业协会紧固件分会及部分企业代表针对无损害抗辩中如何组织有力证据进行磋商。

10 月 28 日　2008 年五地域紧固件协会交流大会在中国杭州举行。中国机械通用零部件工业协会理事长刘元杰、日本螺丝工业协会会长竹中弘忠、韩国 FASTENER 工业协同组合理事长鱼镇善、台湾地区螺丝工业同业公会理事长孙德宾、香港螺丝业协会终身名誉主席徐炳光，分别率团出席本次会议。中国机械通用零部件工业协会紧固件分会会长冯金尧、社团法人日本螺丝工业协会国际委员长北井正次、韩国 FASTENER 工业协同组合理事李延佑、台湾地区螺丝工业同业公会国际交流委员长张土火、香港螺丝业协会主席陈兆威分别在大会上发言，

专题介绍本国和本地区 2007 年度紧固件业产销情况和现状以及发展前景。

11 月 11 日　浙江海力集团有限公司领衔起草的 3 个国家标准《紧固件热荆镀锌层》《紧固件螺纹在外螺纹上容纳镀锌层》《紧固件螺纹在内螺纹上容纳镀锌层》全部审查通过，并于 2009 年 1 月 1 日开始实施。

11 月 22 日　总投资 5.2 亿元的中国沙河机械通用零部件市场隆重开业，两个亿元标准件生产项目正式签约。

11 月 30 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会在北京召开新闻发布会，宣布国内 47 家紧固件企业和中国机械通用零部件工业协会紧固件分会代表中国紧固件产业，已向商务部正式递交了反倾销申请书，要求对欧盟销往中国的碳钢紧固件进行反倾销立案调查，并根据调查结果对欧盟的碳钢紧固件征收反倾销税。此次申请还得到了广东紧固件行业协会、宁波市紧固件工业协会、温州市紧固件行业协会、嘉兴市紧固件进出口协会和永年县标准件协会的支持。

12 月 3 日　欧盟委员会反倾销部门正式表决通过，对中国碳钢紧固件征收 26.5% ～ 87% 的惩罚性关税，并执行 5 年。27 个欧盟国家的代表参加投票，其中有 14 个国家的代表赞成，12 个国家的代表反对，1 个国家的代表弃权。

12 月 4 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会发表严正声明，对欧盟 2008 年 12 月 3 日通过对中国碳钢紧固件征收高额税率的惩罚性关税表决结果，表示强烈愤慨和坚决反对。

12 月 25—26 日　第十九届全国紧固件经济贸易和技术洽谈会在上海举行。

12 月 29 日　商务部正式发布立案公告，决定对原产于欧盟的进口碳钢紧固件进行反倾销立案调查。

12 月 31 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会收到中国机电产品进出口商会公函通知，就商务部转来俄罗斯驻华商务代表的公函，称俄罗斯工业和贸易部收到关于对进口的普通及高强度紧固件发起保障措施调查的申请。俄罗斯政府愿意在正式立案前，就此事与我国政府进行磋商，并在政府磋商的框架下进行行业对话，以寻求积极的解决办法，尽量避免使用贸易救济措施。

12 月　中国工业报发布的“2008 中国工业行业排头兵企业”中的紧固件企业是：上海标五高强度紧固件有限公司、晋亿实业股份有限公司、东明实业（嘉兴）有限公司、常熟市标准件厂。

2009 年

1 月 10 日　中国机电产品进出口商会和中国机械通用零部件工业协会紧固件分会在上海联合召开紧急会议，就俄罗斯拟对中国紧固件发起保障措施调查召集相关企业商讨应对策略，并安排下一步工作。商务部公平贸易局、机电商会和紧固件分会有关领导出席。

1 月 28 日　商务部新闻发言人姚坚就欧盟最终决定对中国出口紧固件产品采取反倾销措施发表谈话，表示中国政府和业界对此强烈不满。姚坚说，中方认为欧盟在该案立案、调查和裁决过程中存在诸多与世界贸易组织规则和欧盟反倾销法不符的做法，裁决结果缺乏公正性和透明度，具有明显的贸易保护倾向，极大地损害了中国紧固件企业的正当权利，中方将对该裁决进行研究和评估，并保留诉诸世界贸易组织的权利。

1 月 31 日　欧盟委员会宣布对 2008 年 12 月 3 日欧盟委员会反倾销部门正式表决通过对中国碳钢紧固件征收为期 5 年 26.5% ～ 87% 的惩罚性关税决定，仲裁生效。

1 月 31 日　欧盟对原产于中国的碳钢紧固件征收惩罚性关税，正式立案生效。这个高达 87% 的关税涉及到中国 1 800 多家企业，涉案金额 7.6 亿美元。

2 月 3 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会发表声明，对欧盟最终决定对中国出口紧固件产品采取反倾销措施，表示最强烈的抗议和坚决反对。

2 月 10—13 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会召开紧急会议，就墨西哥经济部决定对原产于中国的碳钢螺母启动反倾销调查，召集相关企业商讨有关对策。

2 月 15 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会完成 2006—2008 年紧固件领域重大技术装备发展总结报告。

2 月 26 日　商务部产业损害调查局在嘉善召开对欧盟碳钢紧固件反倾销案申请人意见陈述会。商务部产业损害调查局宋和平巡视员、张勇处长和负责该案的损害调查小组成员出席会议，参加会议的还有相关律师、专家以及各地方行业协会和相关企业代表共计 80 多人。

3 月 1—6 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会和中国机电产品进出口商会联合组团，赴俄罗斯就俄罗斯产业对紧固件产品进行保障措施调查的申请与俄罗斯产业进行磋商。

3月9日 河北省目前唯一的省级紧固件产品质量监督检验站在永年县投入运营。经河北省质监局批准，永年县设立“河北省紧固件产品质量监督检验站”，并获得省质监局资质认定。

3月18日 俄罗斯企业对华紧固件提出保障措施调查申请。

4月18日 重庆市紧固件行业联合工会成立。

5月5日 在上海召开了中国机械通用零部件工业协会紧固件分会第七届会员代表大会，冯金尧再次当选会长。

6月8日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会代表行业提出中国紧固件行业三年振兴规划提纲。

6月24日 在广州举行中国紧固件行业第四届高峰会议。

7月8日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会代表行业提出“关于建设共性基础技术服务平台——中国紧固件行业技术中心（草案）”方案稿。

8月28日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会七届一次会长会议在上海举行。会议议题是：促进行业经济稳步回升，增强行业可持续发展的能力，进一步做好协会的各项工作。

8月29日 浙江省紧固件行业协会在海盐县成立。海盐宇新螺帽有限责任公司总经理沈家华当选会长。

9月6日 邢台市紧固件协会成立，会长为俞良斌。会员单位紧固件年产值近20亿元。

9月9日 常熟标准件厂在海外投资767.4万美元，以扩大在欧洲的紧固件生产规模。

9月14日 中国政府于7月31日就欧盟对中国紧固件采取的反倾销措施提起WTO争端解决机制下的磋商请求后，中欧双方依世贸组织争端解决程序在日内瓦进行了磋商，但磋商未能解决中方关注的问题。

9月23日 由美国纽科公司（Nucor Fastener Division）向美国国际贸易委员会（ITC）和美国商务部（DOC）递交申请书，宣称进口自中国的碳钢紧固件产品的倾销幅度为68.7%～145%，要求对中国出口碳钢紧固件发起反倾销反补贴“双反”调查。

9月24—26日 由河北省商务厅、邯郸市政府联合主办，永年县政府、永年标准件协会承办的2009中国—邯郸（永年）紧固件产品及设备国际经贸洽谈会在永年县标准件会展中心举行。

9月28日 2009年五地域紧固件协会交流大会在台湾高雄举行，日本、韩国、中国大陆、中国香港、中国台湾五个地区近200名协会代表出席会议。中国大陆代表团一行27人参观考察了位于台湾桃源县的大力螺丝工厂股份有限公司、位于台湾高雄的中国钢铁公司以及台湾强新工业股份有限公司、台南合丰螺丝工厂。

9月30日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会召开专题会议，针对美国对中国钢制紧固件进行的反倾销和反补贴立案调查，布置应对措施。

10月8日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会冯金尧会长发文，对美国商务部受理美国国内企业向美国国际贸易委员会提出要求对原产于中国大陆和中国台湾的标准钢紧固件进行双反立案调查申请，表示愤慨和强烈反对，呼吁全行业要团结一致，积极抗争。

10月12日 中国政府发表声明，要求世界贸易组织设立专家组，调查并裁决欧盟对中国紧固件采取的反倾销措施是否违反国际贸易规则，正式启动WTO争端解决专家组审理程序。

10月14日 美国商务部对2009年9月23日美国纽科紧固件公司要求对中国进口的碳钢紧固件发起“双反”调查的申请，公告正式立案，调查期为2009年1月1日～6月30日。

10月14日 我国启动WTO争端程序解决欧盟对华紧固件反倾销案。

11月6日 美国国际贸易委员会以6：0投票拒绝了对中国大陆和中国台湾公司在美国市场倾销标准碳钢紧固件的投诉展开调查，认定中国大陆和台湾省的部分输美碳钢紧固件不存在补贴或倾销，并终止调查。

11月13日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会秘书处，就美国终止对华紧固件“双反”调查，以“贸易摩擦首尝胜果，总结经验再接再厉”为题，致函各地方紧固件协会和紧固件有关出口企业。

11月24—26日 全国紧固件标准化技术委员四届四次年会在西安召开。会议审查通过了GB/T3098.1—2010（送审稿）等11项紧固件国家标准草案。

11月25日 美国商务部就1993年9月20日对原产于中国的弹簧垫圈进行反倾销调查做出的反倾销仲裁案，进行第15次反倾销行政复查。

12月1日 第二十一届全国紧固件经济贸易和技术洽谈会在重庆举行。

12月22日 由上海春日机械工业有限公司开发研制的CBP-305L型五工位特大零件冷镦成形机在上海工厂完成试车。该机最大锻造力730t，机器自重200t，最大切料直径36mm，每分钟产量50个，可全自动生产直径30mm、长度

350mm 的大规格紧固件和异形件。

2010 年

1 月 26 日　工业和信息化部在上海召开紧固件行业“基础零部件专项实施方案”座谈会。出席会议的有工业和信息化部、中国机械通用零部件工业协会和紧固件分会有关领导，以及来自江浙沪地区的 20 家企业代表。

1 月 26 日　为贯彻落实《装备制造业调整和振兴规划》，做强做大装备制造业，工业和信息化部组织编制《基础零部件专项实施方案》，工业和信息化部装备工业司召开紧固件行业实施方案座谈会，邀请部分地区紧固件企业参加。

1 月　邢台钢铁有限责任公司全资收购邢台市宁波紧固件有限公司股份，成为邢台市宁波紧固件有限公司实际控股人。

2 月 2 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会组织召开行业迎新团拜会，商务部宋和平局长等政府部门领导、协会领导和各地会员代表同美国、法国、德国、日本、中国台湾、中国香港等国家和地区的同行喜迎新春。

2 月 3 日　由商务部举办，上海市商委协办的贸易调整援助立法调研座谈会在上海举行。全国工商联、机械工业信息研究院、上海知识产权办公室、清华大学法学院、上海 WTO 中心等参与立法前期调研的机构参加了本次会议。上海标五高强度紧固件有限公司和上海徐浦标准件有限公司作为紧固件行业协会代表出席了会议并代表紧固件行业发言，列述部分进口紧固件产品对国内行业的冲击和垄断。

2 月 9—14 日　邢台钢铁有限责任公司开发生产的 B7、SWRCH50K 冷镦钢试制成功。

2 月 10 日　俄罗斯工业贸易部发布公告，将 2009 年 5 月 14 日发起的对进口紧固件保障措施调查延期 3 个月（于 2010 年 5 月 13 日止）。该案涉及中国当年出口金额约 1.5 亿美元。

4 月 21—23 日　全国紧固件标准化技术委员会在浙江省舟山市召开“第二期国标紧固件机械性能宣贯会”。

6 月 13 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会完成“2010 年机械工业名牌产品评选试点紧固件行业情况报告”。

6 月 17—19 日　第二十二届经贸与技术交流会在上海举行。会上，经济学家的“宏观经济形势分析与预测报告”和材料专家的“关于紧固件线材情况分析

报告”受到与会代表热烈欢迎。

6 月 16—18 日　2010 上海紧固件专业展暨首届上海汽车紧固件展在上海举行。

6 月 28 日　商务部发布 2010 年第 40 号公告，最终裁定原产于欧盟的进口碳钢紧固件存在倾销，中国国内碳钢紧固件受到实质损害，且倾销与实质损害之间存在因果关系。自 2010 年 6 月 29 日起，对原产于欧盟的进口碳钢紧固件征收 6.1% ～ 26% 的反倾销税，实施期限 5 年。这是我国首次利用 WTO 规则对国外的贸易救济措施进行反制的案件。

6 月　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会完成中国紧固件行业“十二五”发展规划初稿。

8 月 18 日　受加工贸易单耗标准制定工作联络小组委托，加工贸易单耗标准审定小组对承担制定的《加工贸易单耗标准（送审稿）》组织召开了审定会议，审定小组一致同意通过审定。

8 月　由沈阳标准件研究所所长张金明高级工程师编著，沈阳标准件研究所、机械工业紧固件产品质量监督检测中心组编的《化工钢制管法兰用紧固件产品解析与技术检验》一书出版。该书 20 余万字，是目前国内紧固件行业全面系统释解 HG/T20613—2009 和 HG/T20634—2009 紧固件标准及其产品技术检验方面的第一部专业性技术工具书。

9 月 16—18 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会在上海召开了各地方协会会长会议，布置了相关工作并听取了各协会的汇报。会上，还研讨了紧固件行业“十二五”发展规划，并参观了上海申光高强度螺栓有限公司新厂区。

10 月 8 日　在香港科学园高锟会议中心举行了 2010 五地域螺丝协会交流大会，出席代表 200 多人。本次大会的主题是“螺丝业与环保”。

10 月 19—20 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会组织部分企业参观在台湾高雄巨蛋体育馆举办的台湾国际扣件展览会。同时，协会代表出席了台湾区螺丝贸易协会 2010 年会员大会并作了“坚持科技创新调整转型，促行业持续发展”的主题演讲。

10 月 25—28 日　国际紧固件、弹簧及专用装备展览会在上海召开。

10 月 27 日　工业和信息化部发布《机械基础零部件产业振兴实施方案》。汽车发动机紧固件、风电大规模高强度紧固件、核电专业紧固件、飞机专业紧固件被列入行业重点发展方向。

12月3日 世界贸易组织争端解决机制专家组在瑞士日内瓦正式公布了“中国诉欧盟紧固件反倾销措施案”的裁决报告，谴责欧盟对从中国进口的紧固件征收反倾销税。专家组的裁定包括两项内容，一是欧盟的内部立法《反倾销基本条例》中有关“单独税率”的规定不符合世贸组织规则，二是欧盟对中国碳钢紧固件采取的反倾销措施违背了世贸组织规则。这是全行业经过近三年坦诚务实而又艰苦的努力，终于赢得了公正、公平的结果。

12月8—10日 第二十三届全国紧固件经济贸易和技术洽谈会在西安举行，200多家企业到会。会议特邀工业和信息化部运行监测协调局领导介绍国内外经济形势并解读“十二五”规则及国家有关政策。

12月15日 国家标准件产品质量监督检验中心与中国商用飞机有限责任公司签订了“技术鉴定协议”和“检验检测合同”，为C919大型客机标准件承担质量检测任务。

2011年

1月23日 紧固件行业迎新团拜会在上海举行。来自全国各地紧固件协会及企业代表和国际友人欢聚一堂共迎新春。

2月12日 俄罗斯已完成对进口紧固件保障措施调查，俄罗斯总理普京正式签署文件，对列入限定范围内的紧固件产品征收保护性关税，未排除中国大陆和中国台湾、中国香港、中国澳门地区。

2月21日 印度驻上海总领事戴思锐女士前往嘉兴市考察桑德兰紧固件（浙江）有限公司。该公司是由印度第7大财团TVS集团下属桑德兰紧固件有限公司投资1 250万美元设建，专业生产高强度汽车紧固件及其配件，年产高强度紧固件6 000t。

3月11日 日本东北地区发生9级特大地震和海啸，中国机械通用零部件工业协会紧固件分会冯金尧会长发去慰问电，代表协会和行业同仁向日本螺丝协会和同行表示诚挚的慰问。

3月23日 根据工业和信息化部组织“质量兴业”活动的指示精神，结合我国紧固件行业的具体情况，中国机械通用零部件工业协会紧固件分会制定完成“中国紧固件行业‘质量兴业’活动方案”，以贯彻与实施质量兴业活动。

4月15日 中国机械通用零部件工业协会正式授予宁波市“中国紧固件之都”称号，宁波市紧固件年销售额达171亿元，年产量160万t，占全国的27%。年

收入超亿元企业有 34 家。

5 月 9 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会七届二次常务理事会在广东东莞举行。冯金尧会长作了主题为“坚持科学发展观，抓转型调整促新高”的专题报告，并详细解读了行业“十二五”发展规划。

5 月 27 日　上海球明汽车标准件厂在天津静海经济开发区的新厂开工。新厂总投资 3 亿元，建筑面积 3 万 m^2，达纲产销 2 亿元，税收可达 600 万元。

6 月 13—23 日　中国紧固件代表团共 10 人访问美国。参观了美国科技紧固件展览会、IFI 机构、国民机器公司及 GII 公司等，并与美国西部紧固件协会、美国紧固件杂志和 IFI 机构进行座谈交流。

6 月 16—18 日　2011 年上海紧固件专业展暨第二届上海汽车紧固件展在上海光大国际会展中心举行。展会面积 2 万 m^2，400 多家展商参加。

7 月 15 日　世界贸易组织上诉机构发布中国起诉欧盟对华碳钢紧固件反倾销措施案的裁决报告，认定欧盟关于单独税率的法律规定违反世贸规则；上诉机构推翻专家组的部分裁决支持中方的立场；欧盟针对中国碳钢紧固件实施的反倾销措施，在国内产业认定、正常价格和出口价格的公平比较等方面也违反世贸组织规则。至此，我国起诉欧盟对华碳钢紧固件反倾销措施案获胜诉，这次紧固件行业协会应对欧盟反倾销的胜诉是中国在 WTO 争端解决中的一场重大突破。

7 月 18 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会发表致欧盟理事会的公开信：中国机械通用零部件工业协会紧固件分会代表中国紧固件广大出口企业对世贸组织上诉机构的裁决表示欢迎和支持，并强烈要求欧盟立即取消对中国紧固件的歧视性反倾销措施。

7 月 28 日　世界贸易组织（WTO）上诉机构对于中国起诉欧盟对华碳钢紧固件反倾销措施案，判定欧盟违规，并做出最终裁决。终裁获胜，体现了公平正义，商务部认为“小螺丝打了一个大官司”，是一个里程碑式的胜利，影响深远。中央电视台、新华社等主流媒体都对此案作了专访和专题报道。此案是中欧间互有反倾销的第一案。

8 月 8 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会在浙江海盐召开了应对欧盟反倾销案工作会议，研究反倾销胜诉后的下一步工作。

8 月 9 日　中央电视台《焦点访谈》播报中国紧固件反倾销胜诉采访节目。

8 月 17 日　河北省标准件研究所在河北省永年县成立。

8 月 28 日　安徽省紧固件行业协会在合肥成立，刘小龙任会长。

9月19日 上海集优（02345）发布公告称，成功投资由控股股东上海电气总公司出售的上海高强度螺栓厂及上海紧固件和焊接材料技术研究所100%股权，代价分别为3 080万元及5 860万元，收购代价总额为8 940万元。

9月23日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会在浙江乍浦召开了应对反倾销案后续工作研讨座谈会。

9月26日 五地域紧固件协会交流大会在韩国首尔中小型企业中心隆重举行。此次大会的主题为“环境亲和性紧固件”。各地协会负责人分别对本地区的紧固件产业现状作了分析报告。27日，大会主办方安排各代表团参观了韩国紧固件企业永信金属工业株式会社和三进精工株式会社。28日，各代表团参观了韩国紧固件工业展览会。

10月20日 美国拉斯维加斯举办紧固件展览会。

10月25—28日 在上海新国际博览中心举办了亚洲国际动力传动与控制技术展览会，20多家紧固件骨干企业参加了展会。

11月21—23日 第二十四届全国紧固件经济贸易和技术洽谈会在合肥举行。工业和信息化部运行监测协调局副巡视员景晓波分析了零部件行业的运行情况以及当前的宏观经济形势和发展趋势。会上，中国机械通用零部件工业协会紧固件分会冯金尧会长作了“面对新形势，应对新挑战”的行业分析报告，来自全国各地超过250家的企业进行了产品展示、贸易洽谈。

11月22日 由商务部召开的“碳钢紧固件反倾销案效果跟踪座谈会”在合肥举行，7省市商务厅及相关企业代表共30人参加。

12月 由沈阳航空航天大学博士李状、沈阳标准件研究所高级工程师张金明主要合作完成的“免热处理低屈强比铆螺钢的研究”获沈阳市人民政府科学技术进步二等奖。

2012年

1月11日 航空航天标准件产业联盟在浙江省海盐县成立。联盟单位由航天精工有限公司、国家标准件产品质量监督检验中心、浙江新东方紧固件有限公司、海盐永固工模具有限公司等组成。

3月 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会秘书处发布《“十二五”开局之年紧固件行业生产运营简况》。

8月13日 中国机械工业联合会在北京召开中小企业明星企业家新闻发

布会。

8 月 15 日　温家宝总理在嘉兴市考察晋亿实业股份有限公司等当地企业。

10 月 20 日　温州市紧固件行业协会向中国机械通用零部件工业协会申报的“中国紧固件之城”顺利通过专家组的评审，中国机械通用零部件工业协会授予温州市紧固件行业地区为“中国紧固件之城”称号。

10 月 20 日　中国机电产品进出口商会授予嘉兴市“中国紧固件出口基地”称号。

11 月 29 日　上海市紧固件工业协会在上海成立。薛康生任会长。

12 月 10 日　第二十五届全国紧固件经济贸易和技术洽谈会在湖南省长沙市举行。

2013 年

年内　紧固件重点项目立项启动。“高强度紧固件高速精密镦锻成形技术”项目列入工业和信息化部《产业关键共性技术发展指南（2013 年）》。科技部 2013 年度国家重点新产品计划颁布，紧固件行业 3 个项目获得立项：①宁波思进机械股份有限公司的“高速精密多工位冷镦成形成套装备”课题获得工业和信息化部批准，列为“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专题，课题年限为 2013 年 1 月至 2015 年 12 月。②安徽巢湖铸造厂有限责任公司的“高速铁路扣件系统 ——WJ-8 型扣件”项目列为 2013 年度国家重点新产品计划。③贵州航天精工制造有限公司的“双线螺栓和浮动螺母组件”项目列为 2013 年度国家重点新产品计划。

年内　评选出 2013 年度中国机械通用零部件—紧固件新产品项目，其中特等奖 7 项，优秀奖 12 项。

1 月 24 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会组织召开了行业迎新团拜会，协会领导和会员代表、港台代表及外国同行欢聚一堂，回顾和分析行业的发展趋势，坚定了信心，加强了友谊，增加了凝聚力。

4 月 8 日　中国机械工业联合会、中国机械工业品牌战略推进委员会对中国机械工业优质品牌企业进行表彰。紧固件行业中，常熟市标准件厂大力牌、晋亿实业股份有限公司 CYI 牌、宁波金鼎紧固件有限公司 JDJ 牌、东风汽车紧固件有限公司东风牌、浙江乍浦实业股份有限公司瓦标牌 5 家企业榜上有名。

4 月 11 日　杭州紧固件行业商会在杭州成立。黄成安任会长。

4月18日 全国紧固件标准化技术委员会（SAC/TC85）发布“经确认的紧固件制造者识别标志公告2号”。

6月3日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会在浙江海盐召开紧固件出口研讨会。会议召集了24家出口重点企业的30多位代表，分析出口现状和趋势、影响出口的深层次原因，探讨走出出口困境的措施和对策。

6月19—20日 在上海成功举行了五地域紧固件协会交流大会，韩国、日本、中国大陆、中国台湾、中国香港地区代表共180多人围绕过去一年各地区紧固件产业的发展情况发布报告和开展交流，会议期间代表们参观了宝钢高线厂、上海紧固件专业展览会。

6月20日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会在上海召开了各地方协会会长会议，布置了相关工作并听取了各地协会的工作汇报。会议要求各地协会加强调研，深入了解企业现状，分析面临的困难，与企业共同探讨对策。

6月20日 “全球紧固件产业CEO大会”在上海成功举办。全球紧固件主要企业CEO会师上海，7位世界紧固件行业重量级人物就“建立紧固件世界新秩序”这一主题发表见解，共同探讨国际紧固件发展前景。

6月27日 国家质检总局公布高强度紧固件产品质量国家监督抽查结果。2013年第二季度共抽查了河北、辽宁、上海、江苏、浙江、安徽、山东、河南、湖北、重庆、四川11个省、直辖市40家企业生产的40批次高强度紧固件产品，有6批次产品不符合标准的规定。

6月 根据人力资源和社会保障部关于《中华人民共和国职业分类大典》修订工作的整体部署，中国机械通用零部件工业协会紧固件分会完成了其中的“紧固件职业分类”制定工作。在国家修典的同时，中国机械通用零部件工业协会紧固件分会受人力资源和社会保障部机械工业职业技能鉴定中心委托，主持编制《紧固件制造工国家职业标准》。

6月 四川省质量技术监督局2013年第二季度对省内生产的机械零部件产品质量进行了专项监督抽查。其中抽查紧固件行业10家企业，10批次产品全部合格。

7月26日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会发出《关于应对欧盟反倾销日落复审调查的通知》。欧盟委员会2013年5月28日发布公告称，对原产于中国的钢铁制紧固件的反倾销措施即将于2014年2月正式到期，成员国内企业须在本公告发布之日，至正式到期日3个月前的时间内向欧盟委员会提交反

倾销日落复审申请。欧盟的反倾销案是我国紧固件行业涉案企业最多、案值最大、影响最深远的案件。紧固件分会希望各涉案单位高度重视与认真对待这次日落复审调查与裁决，积极通过有效途径或原诉讼渠道，努力正面反映我们的正当诉求，以期取得最大利益。

10 月 11 日　鉴于欧盟对原产于中国的钢铁制紧固件的反倾销措施即将于 2014 年 2 月正式到期，中国机械通用零部件工业协会紧固件分会冯金尧会长致函欧盟主席 Schaps 先生，代表中国紧固件广大出口企业希望欧盟能认真面对现实，聆听欧洲和中国企业家的正当呼吁与诉求，以欧共体的长远利益为出发点，考虑和权衡社会产业、工业用户、进口商、分销商和最终消费者各方面的利益，从而在此案日落复审时终止征税。并希望今后加强中欧紧固件行业的对话和交流，加深彼此的理解，促进双方的经贸关系保持在健康、互惠互利、合作双赢的轨道上。

10 月 28 日　在上海举行了“高强度紧固件行业准入条件”研讨会。与会代表对该准入条件的草稿进行了热烈地讨论，提出了许多建设性的意见与设想。此前，为引导高强度紧固件产业健康、有序和可持续发展，促进高强度紧固件行业产业结构优化升级，遏制低水平重复建设和产能盲目扩张，保护生态环境，推进节能减排，提高资源和能源利用水平，提升我国装备制造业整体实力，根据有关法律法规和产业政策，中国机械通用零部件工业协会紧固件分会起草了“高强度紧固件行业准入条件（草案）”。

10 月 29 日　宁波思进接到上海机电设备招标有限公司中标通知书 —— 上海申光高强度螺栓厂采购 305L 多工位冷镦机成功中标，中标金额为 588 万元。该机型为宁波思进研制的新产品，成形力 600t，可制螺栓直径 36mm，为目前国产最大冷镦机。

10 月 30 日　针对欧盟对中国部分紧固件产品最终反倾销措施案的执行，我国提出与欧盟在世贸组织争端解决机制下进行磋商，正式启动世贸争端案件的执行专家组程序。

11 月 7 日　“神舟十号”宇宙飞船返回舱获得 11 月 5—9 日在上海举行的第十五届中国国际工业博览会特别荣誉奖。“神舟十号”与天宫一号目标飞行器交会对接机构使用紧固件 700 多个。

11 月 18 日　东风汽车紧固件有限公司武汉工厂正式投产，总投资 1.93 亿元，占地面积 7.66 万 m^2，年产 2 万 t 乘用车高强度紧固件。

12 月 13 日　第二十六届全国经济贸易与技术交流会在上海举行。会议分析

总结了行业情况，工业和信息化部有关领导、著名经济学家分别作了国内外经济形势和党的十八届三中全会有关政策的报告。报告会使参会者受到极大启发和教育，对行业和企业的发展具有帮助和指导意义。

12 月 24 日　宁波市科技局公布了 2013 年度科学技术奖名单。其中，宁波思进机械股份有限公司与上海大学合作的“环保型多工位高速全自动冷镦机的研发及产业化”项目荣获宁波市 2013 年度科学技术进步奖二等奖。

2014 年

1 月 16 日　就欧盟紧固件日落复审调查召开预警电话会议，要求企业要积极配合抱团应诉，同时行业协会要组织企业开展行业无损害抗辩。会议提出三项建议：一是收集并整理好企业 2013 年出口数据；二是选聘律师进行行业无损害抗辩；三是与当地商务主管部门和行业协会及时联系。

1 月 20 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会组织召开行业迎新茶话团拜会，邀请了各地方协会领导和部分中外企业代表近 30 人汇聚一堂，会场气氛简朴热烈，大家畅所欲言，回顾了过去一年中的艰辛，展望了新一年的期待。大家表示要以积极主动的姿态面对环保、能耗、搬迁、用工、信贷和汇率等压力，力争在新的一年中把握机遇，改革重组，稳中求进。

1 月 21 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会向全行业发布《关于积极应对欧盟紧固件反倾销案的通告》，要求企业积极参与和支持机电商会与协会提出的无损害抗辩及应诉工作，加强与商会和协会的联系。希望大家同心协力，表现出灵活务实的态度和解决问题的智慧，使本案取得最好的结果。

1 月　2013 年在经济下行的压力下，紧固件行业积极努力，实现了稳中有进，取得了令人瞩目的好成绩。据统计数据分析显示，全年生产量达到了 720 万 t，销售金额达到 710 亿元。出口达到 280 万 t，金额 52.4 亿美元，同比增长分别为 9.4% 和 13%，内销、外销均创历史新高。

1 月　2014 年紧固件行业 2 家企业发展项目纳入国家强基工程序列：①浙江明泰标准件有限公司的“轿车用高强度铝合金螺栓生产技术的开发及产业化”项目。②浙江西子航空紧固件公司“航空抽芯铆钉开发及产业化”项目。

1 月　在机电商会和行业协会的组织下，有 16 家紧固件骨干企业聘请了以傅锦辉律师为首的锦天诚律师事务所，向欧盟再次发起无损害抗辩。

2 月 4 日　河北省永年县一年一度的标准件厂商联谊暨产品展示会举行。这

次标准件厂商联谊暨展示会共达成供货协议 2 300 余份，成交金额 18 亿元，创历史之最。

2 月 14 日　机电商会就欧盟紧固件日落复审召开应诉工作电话会。会议通报了前期情况，部署了后续工作，要求企业应当抓住此次日落复审和政府之诉的契机，积极应诉。

3 月 12 日　在安徽省合肥市召开中国机械通用零部件工业协会紧固件分会七届三次常务理事会，66 位常务理事和列席代表参加了会议。冯金尧会长代表分会向大会作了工作报告。部分企业就改革发展的经验作了交流发言。会议就大家关注的欧盟对中国产碳钢紧固件反倾销案的进展情况作了介绍，中国机电商会和律师事务所对此案作了分析与指导。代表们实地考察了安徽紧固件产业园项目、紧固件工业园投资环境及相关政策。

3 月 12 日　在合肥再次举行了“高强度紧固件行业准入条件”研讨会。工业和信息化部装备司领导、行业协会领导和全国 50 多位有关企业的领导与专家对新版本准入条件进行了热烈的讨论，提出了许多建设性的建议与意见。与会代表认为，应该慎重、科学地制定该准入条件，切实为紧固件行业发展创造条件。希望组织有关专家对相关企业作深入调研，广泛征集民意，以便对草案作进一步补充修改与完善。

3 月　航天精工河南公司研制成功某型号伺服机构用紧固件，该系列产品全部使用低磁新型材料，包括 0Cr17Ni4Cu4Nb、3JI、高温合金 GI41、GH696 等，与普通合金钢相比，该类材料的耐蚀性更强。

4 月 13 日　五地域紧固件协会交流大会在台湾高雄举办，大陆代表团 52 人参加会议。各地代表围绕过去一年本区域内紧固件业的发展情况进行了交流。代表团还参观了台湾螺丝展览会、台湾紧固件企业、台湾螺丝博物馆等。

5 月　经有关专家多次讨论和修正，工业和信息化部审核，《高强度紧固件行业准入条件》征求意见稿予以公示。

6 月 19 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会在上海召开各地方协会会长会议，听取了各协会的工作汇报并布置了相关工作。会上，各地方协会会长汇报了本地区上半年的经济状况和协会工作，并就做好下半年工作提出了建议。

6 月 23 日　安徽联华紧固件产业园项目签约，该项目位于合肥长丰县，计划占地 5 000 亩（333.3 万 m^2）。

6 月　上海集优机械股份有限公司成功竞投收购全球最大紧固件公司之一——荷兰内德史罗夫公司（Nedschroef），该公司成立于 1894 年，是欧洲领

先的汽车和航空紧固件生产商之一，年销售额近5亿欧元，企业市值3.25亿欧元，雇员1 500人。这次收购项目将进一步巩固上海集优在中国以及全球高端紧固件市场的强势地位。该项目开启了紧固件行业海外收购兼并的先例。

7月22日 美国国际贸易委员会发布公告，对原产于中国的钢制螺杆作出反倾销日落复审产业损害肯定性裁决，美国将继续对原产于中国的钢制螺杆征收55.16%～206%的反倾销税。

8月21日 加拿大决定维持对原产于或进口自中国大陆和中国台湾的碳钢紧固件产品的反倾销措施，并维持对原产于中国的碳钢紧固件的反补贴措施。

8月 浙江最大紧固件生产基地——宁波镇海生产的紧固件，被浙江名牌战略推进委员会认定为该行业全省唯一的区域名牌。

9月4日 国家工商总局商标局发文认定，济南实达紧固件有限公司“平标及图”商标为驰名商标。

9月12日 为了进一步加强行业环保节能工作，交流先进环保经验和技术，中国机械通用零部件工业协会紧固件分会在浙江海盐召开了“全国紧固件行业环保节能现场交流会”。各地方协会会长和骨干企业负责人40多人参加了会议。会议代表实地参观海盐宇星螺帽有限公司引进的德国设计意大利制造的抛丸机，该机利用离心抛丸方法清除线材表面的氧化铁皮，避免酸洗污染，是一种保护环境的新技术。

9月 航天精工的某航空型号用TC16钛合金紧固件制造工艺创新项目取得重大突破。在原TC16钛合金紧固件热镦成形制造工艺的基础上，航天精工通过技术升级，成功实现了某航空型号用TC16钛合金紧固件连续冷镦成形，这在国内尚属首次。

12月10—12日 第二十七届紧固件经贸和技术洽谈会在成都召开，来自全国各地500多位行业代表齐聚成都，工业和信息化部运行监测协调局、中国机械工业联合会等领导出席了大会并讲话。中国机械通用零部件工业协会紧固件分会冯金尧会长以“新常态下中国紧固件业发展的思考”为题作了主旨报告。上海标五公司在会上专题介绍了本公司在结合行业经验及自身优势的特点上，成功地推出了电商平台的做法，率先成功将无线射频RFID物联网技术应用于客户看板管理，并注册发明专利，为行业树立了一个现代化物流的典范。另有5家中外企业分别在会上介绍交流了各自的新技术和新设备。

12月 贵州省质监局官网发布2014年第四季度紧固件产品质量监督抽查结

果公告。共抽查涉及贵阳和遵义 2 个地区 5 家企业生产的紧固件产品 13 批次，有 1 家企业的 1 个批次的产品检验不合格，问题产品检出率为 7.7%，问题企业发现率为 20%。

12 月　浙江省发展改革委和国土资源厅联合下发了《关于印发 2014 年浙江省重大产业项目名单的通知》（浙发改投资〔2014〕904 号），全年全省共安排 135 个项目纳入省重大产业项目库，其中浙江明泰标准件有限公司年产 6 万 t 汽车高强度紧固件项目列入项目库。

2015 年

年内　紧固件行业有 3 个项目列入工业和信息化部“工业强基”专项，并在“十三五”期间实施：①浙江乍浦实业公司所属浙江高端紧固件有限公司的“航空航天紧固件高效生产关键技术及产业化示范”项目。②上海上标汽车紧固件有限公司的“研发轿车高性能异型紧固件系列产品”项目。③中国紧固件行业技术服务平台建设方案。

年内　在全行业的共同努力下，完成了紧固件行业“十三五”发展规划的编制。

年内　全行业 9 家企业获“专、精、特示范企业”称号。12 家企业的 14 个产品获中国机械通用零部件行业“自主创新优秀新产品”特等奖，有 15 家企业 19 个产品获优秀奖。11 家企业被认定为行业重点骨干企业，4 家企业被认定为重点出口基地。

年内　紧固件行业申报工业和信息化部技术改造和强基项目共 4 项。其中，强基项目 2 项：“汽车高性能异型紧固件系列产品精密成形研发及产业化”“航空航天紧固件高效生产关键技术及产业化示范”；技改项目 1 项：“350km/h 高速铁路配套扣件系统”；专项计划 1 项：“六模六冲智能冷成形机关键技术的研究及产业化”。

1 月 18 日　中国航天标准化研究所紧固件检测试验室暨航天标准紧固件研究与检测中心检测试验室华东分部揭牌仪式，在浙江大潮航天科技有限公司隆重举行。这标志着杭州拥有了第一家具有航天标准紧固件力学性能、理化及综合检测资质的第三方检测服务机构。

2 月 7 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会组织召开了行业迎新茶话团拜会，各地方协会领导和部分中外企业代表近 30 人汇聚一堂，会议气氛喜庆祥和、热烈简朴，大家总结交流，谋划行业发展。

2月9日 航天精工贵州公司研制的“锯齿环锁紧双头螺柱组件”荣获贵州省科技进步三等奖。该项目成功解决了锯齿环推齿成形技术以及螺柱外齿与锯齿环内齿的配合精度难题，组件产品装配性能好、可靠性高，在国内处于领先水平，具有良好的市场前景和经济社会效益。

2月15日 邯郸市立功高强度紧固件有限公司收到国家工商行政管理总局商标评审委员会的裁定书，该公司的“李立功LiLiGong”商标被认定为“中国驰名商标”。

2月27日 山西省质量技术监督局发布高强度螺栓质量监督抽查结果，对全省1家企业生产的1个批次以及太原市市场上经销的省外企业生产的14个批次的高强度螺栓质量进行了监督抽查，合格13个批次，不合格品检出率为13.3%。

3月11日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会冯金尧会长率团出访欧洲，与欧洲紧固件制造业协会代表团就欧盟对华紧固件反倾销日落复审案件进行了坦诚的交流洽谈，并达成共识。即：双方应团结一致，共同致力于欧盟消除误解和误判，双方对抗且不交流是没有出路的，借日落复审之时，顺应发展潮流，排除一切干扰，增进双方交流和互信，共同建立一个交流平台和工作平台，以利中欧紧固件业回到正常轨道上来，推进双方的合作和共同发展。

3月26日 宁波市紧固件工业协会举行第四届会员代表大会。大会选举樊玉龙为会长，徐鹏飞为秘书长。宁波紧固件工业协会成立于2000年10月，拥有会员企业114家，其中规模以上企业占95%。有33家会员企业年销售额超亿元。

3月27日 欧盟对原产于中国的钢铁制紧固件作出反倾销日落复审终裁，对中国涉案产品继续采取反倾销措施。中国商务部在例行新闻发布会上表示，延长对中国企业的征税决定并非明智之举，中方希望欧委会客观审视欧盟产业状况，克制使用贸易保护措施。中国机电产品进出口商会发表声明称，中国紧固件产业对此裁决结果表示强烈反对。中国机械通用零部件工业协会紧固件分会发表声明表示坚决反对，强烈要求欧盟对华碳钢紧固件日落复审进行重新裁决。

3月27日 河北省质量技术监督局在其官网通报2014年河北省标准件等四类产品专项监督抽查情况。其中，标准件方面，抽查了邯郸、沧州两市56家生产企业的100批次产品，经检验44家生产企业的86批次产品合格，12家企业的14批次产品不合格，抽查不合格率为14%。

4月27日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会七届四次常务理事会在河北黄骅召开，50多位常务理事和列席代表参加了会议。中国机械通用零部件工业协会王长明常务副理事长作重要讲话。紧固件分会冯金尧会长主持了会议并作主题发言，他总结了2014年的协会工作，详细解读了行业“十三五”发展

规划，对 2015 年的工作做了布置和安排。会议通报了欧盟对中国产碳钢紧固件反倾销案的最新进展情况，中国贸易促进委员会相关领导也对此案作了分析与指导。代表们还实地考察了黄骅工业园项目，并与黄骅市领导举行交流座谈会。

5 月 22 日　上海市紧固件工业协会举行电商平台建设专题报告会。

6 月 28 日　商务部发布 2015 年第 18 号公告，决定对原产于欧盟的进口碳钢紧固件所适用的反倾销措施进行期终复审调查。此前中国机械通用零部件工业协会紧固件分会和部分企业向政府提出诉求，协助律师向政府和有关部门提供大量材料，并得到中国贸促会大力支持。

6 月　河南济源钢铁集团成功试生产出汽车车毂螺栓紧固件用钢 SCM435，直径 24mm 的大盘卷，标志着济钢的汽车紧固件用钢开发取得新进展。

7 月 2 日　冯金尧会长率中国紧固件行业协会代表，与欧洲紧固件行业协会代表在上海召开双方交流工作组预备会。会上，双方对日落复审结果阐述了各自立场。

7 月 3 日　浙江西子航空紧固件有限公司与法国空中客车公司签署航空紧固件标准件设计、开发、制造和供应的采购框架协议。该协议的签署，代表着空中客车公司将西子航空紧固件公司发展为其一级供应商，并纳入其 2016—2020 年采购计划。西子航空承担工业和信息化部“工业强基”项目和浙江省重大科技攻关项目，研制成功抽芯铆钉和抽芯螺栓，填补了国内产业空白，已经成为中航工业与中国商飞的合格供应商。

7 月 9 日　工业和信息化部以 2015 年第 45 号公告，正式发布“高强度紧固件准入条件”，该条件自 2015 年 9 月 1 日起正式实施，目的是进一步推进紧固件产品质量和技术水平的提升。

8 月 7 日　WTO 争端解决机构公布了我国起诉欧盟紧固件反倾销措施案专家组报告，裁决欧盟执行 WTO 裁决的措施依然违反 WTO 规则，中方胜诉。专家组报告裁定欧盟在国内产业界定、倾销幅度计算及替代国企业信息披露等核心问题上违反 WTO 规则，这意味着欧盟在反倾销调查中对中方使用的替代国作法违反了 WTO 规则。

9 月 26 日　河北省永年县公布 2015 年以来的重要任务，从原料酸洗经营、运输、使用及废酸回收等环节入手，重拳整治标准件行业废酸污染，并实施了“利剑斩污”“零点行动”等环保专项行动，标准件行业 8 家酸洗厂关停。

10 月 12 日　每年一届的五地域紧固件协会交流大会 2015 年会议在香港举行。中国大陆、中国台湾、中国香港、韩国和日本紧固件协会共 191 家企业参加，

中国大陆紧固件代表团 39 人参加会议。各地代表围绕过去一年本区域内紧固件行业的发展情况及进出口数据展开交流，并听取德国专家关于“工业 4.0”的专题演讲和 5 个协会专家的专题报告。

10 月 12—16 日　ISO/TC2 国际标准化组织紧固件技术委员会会议在美国新奥尔良召开。我国作为 ISO/TC2 的 P 成员国一直积极参加国际标准化活动，反映我国紧固件产业诉求和意见，与各国专家充分交流。自 2005 年以来我国已连续 9 次参加 ISO/TC2 国际会议。

10 月 20 日　温州市紧固件行业协会举行成立十周年暨三届三次会员大会。该协会成立 10 年间，温州市紧固件工业总产值以年均 9.8% 的速度增长。整个地区亿元产值以上的生产型企业从 5 家增长到 31 家，规模以上企业从不到 100 家增长到 460 余家，5 亿元以上企业实现了“零”的突破。拥有国家驰名商标 8 件，省市著名、知名商标 13 件，并有 6 家企业参与国家标准制订。温州市拥有“中国紧固件之城”称号。

10 月　国家电网浙江省电力公司主编的机械行业标准《紧固件拉—扭复合试验机》通过工业和信息化部批准并颁布。该行业标准是首次以公司为第一起草单位编制的跨行业技术标准。标准详细规定了紧固件螺纹紧固特性用拉—扭复合试验机的技术要求、检验方法、检验规则、标志和包装等，适用于电力施工、机械制造、建筑工程等研究和应用领域。

11 月 9 日　贵州省质量技术监督局在其官网公布 2015 年金属紧固件、金属钉产品质量监督抽查结果。本次抽查涉及贵阳市、遵义市 3 家企业生产的金属紧固件、金属钉产品 4 个批次。未检出问题产品。

12 月 10—12 日　第二十八届紧固件经贸和技术洽谈会在南昌召开。全国各地 500 多位行业代表齐聚南昌，中国机械通用零部件工业协会领导和中国贸促会有关领导出席会议并讲话，紧固件分会冯金尧会长作题为“坚持党的发展新理念，再创中国紧固件业新辉煌”的报告。报告结合紧固件行业“十三五”规划，分析行业现状和发展方向，展望实现紧固件强国梦之路。会上，5 家中外企业分别对各自的新技术和新设备作了交流介绍。

2016 年

1 月 9 日　全国紧固件行业的知名企业浙江乍浦实业有限公司与上海宏能实业公司、上海标裕信息网络科技公司三家企业实现国有资本与民营企业共同完成

资产重组，实现混合所有制改革。这次改革为紧固件企业实现多元资本谋求企业发展提供了借鉴学习的样板。

1 月 18 日　WTO 裁定欧盟对中国紧固件产品反倾销措施违反 WTO 规则。这一裁定全面支持了中方立场和主张，迫使欧盟取消对中国碳钢紧固件反倾销措施。对紧固件行业来说是一场期盼已久的、历史性的胜利，是我国通过 WTO 争端解决规则完胜的案例。它标志着中国紧固件行业在国际贸易中的成熟和理性。

1 月 19 日　中国机电产品进出口商会、中国机械通用零部件工业协会紧固件分会在北京代表行业发表联合声明，支持 WTO 上诉机构对欧盟紧固件反倾销案的最终裁决，并集体发声呼吁欧盟撤销目前对中国紧固件产品仍在实施的反倾销措施。

2 月 17 日　商务部举行例行新闻发布会，发言人沈丹阳在回答记者提问关于欧盟对中国紧固件产品反倾销案时说，希望欧盟迅速完成内部程序，尽早撤销对中国紧固件采取的反倾销措施。

2 月 27 日　欧盟委员会发布公告称，根据 WTO 争端解决机构的相关裁决，决定自公告发布次日正式取消对原产于中国钢铁紧固件的反倾销措施。在中国机械通用零部件工业协会紧固件分会及行业骨干企业的支持下，商务部发布了 2016 年第 24 号“关于对原产于欧盟的进口碳钢紧固件所适用的反倾销措施期终复审裁定的公告”，裁定自 2016 年 6 月 29 日起，对原产于欧盟的进口碳钢紧固件继续征收反倾销税，实施期限 5 年。这一措施为国内碳钢紧固件产业创造了一个正常的竞争环境。

3 月 16 日　河北省紧固件产业技术研究院在河北省永年县成立。

4 月 22 日　“SJNP 系列 6 / 7 工位特殊零件复合成形机”获行业“自主创新特等奖”。这是宁波思进与上海交通大学等科研院校合作，研究开发国际领先技术的一个成功案例。经过行业专家反复论证，该机运用了目前世界上领先的技术手段，性能优良。该机目前已投入使用，受到用户的高度好评。

5 月 18 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会七届五次常务理事扩大会议在重庆召开。协会常务理事和代表近 70 人参加会议。中国机械通用零部件工业协会王长明常务副理事长和姚海光秘书长出席会议并讲话。会议审议通过冯金尧会长作的工作报告，选举增补上海紧固件协会薛康生会长、浙江紧固件协会沈家华会长、安徽紧固件协会刘小龙会长、重庆紧固件协会施根华会长 4 人为分会副会长，选举薛康生为常务副会长。会议通过了《加强企业自律，促进紧固

件出口良性发展》的决议，强调提高对出口工作的认识，深刻认识到反倾销的长期性、复杂性、反复性。全行业要共同维护和发展紧固件的出口秩序。会议代表考察了重庆南川工业园的紧固件产业区。

6 月 23 日　中国机械通用零部件工业协会紧固件分会和中国钢铁工业协会、中国特钢企业协会联合举办了“紧固件用钢供需研讨会”。中国钢铁工业协会和中国特钢企业协会的领导以及宝钢、首钢、鞍钢、马钢、湘钢、邢钢、青钢、东北特钢、兴澄特钢、济源钢铁十大钢厂的领导和专家，与 30 多家紧固件骨干企业的专家和领导，以及地方紧固件协会领导等 80 多人出席了会议。中国钢铁工业协会副会长王利群和中国机械通用零部件工业协会紧固件分会会长冯金尧分别致辞。会上，供需双方分别介绍了紧固件用钢的需求情况、冷镦钢生产及质量保证体系等情况，并就用户的问题提出了许多解决方案。与会双方期待建立一种长期有效的对话机制，共同促进双方的产业结构和产品结构的调整，生产出一流的冷镦钢和一流的紧固件。

7 月 20 日　上海集优张力控制螺栓有限公司（SHTCB）举行揭牌仪式和产品推介会。该公司隶属于上海集优机械股份有限公司，由上海高强度紧固件有限公司、英国 TCB 公司和上海严严贸易有限公司三方合资，是一家运用新一代紧固件防腐涂层技术（Greenkote 涂层）来解决紧固件防腐问题的专业性企业。Greenkote（PM-1）涂层技术是目前应用于紧固件防腐领域内最先进的专利技术。

8 月 1 日　国家质检总局发布关于产品质量国家监督抽查情况的通报，高强度紧固件产品不合格检出率为 10.2%。本次高强度紧固件共抽查了 8 个省（市）40 家企业生产的 40 批次产品，其中在浙江、河北、上海和江苏等集中产区，分别抽查了 14 批次、4 批次、6 批次和 7 批次产品，不合格产品检出率分别为 7.2%、25%、0 和 14.3%。主要质量问题包括高强度紧固件的螺栓螺纹通和连接副扭矩系数不合格。

9 月 19 日　浙江东明公司获得了 2016 年度嘉兴市“互联网 + 工业”示范企业称号。

9 月 23 日　冷水江天宝实业有限公司年产 5 万 t 的 10.9 级以上高强度紧固件改扩建及现有生产系统智能化改造项目一期工程正式开工。湖南省冷水江市委书记李建华出席开工仪式并宣布项目开工。天宝实业公司年产 5 万 t 的 10.9 级以上高强度紧固件改扩建是围绕国家航天航空、轨道交通、汽车、风电、钢结构产业开发的中高端紧固件产品。

10 月 6 日　宁波紧固件工业协会召开四届三次会员大会暨科技创新驱动发

展论坛。

10 月 10 日 2016 五地域紧固件协会交流大会在韩国济州岛举行。

10 月 10 日 上海标五高强度紧固件有限公司在 2016 五地域紧固件协会交流大会上作“智能互联助推紧固件渠道变革创新发展”演讲，介绍公司在行业内启用电子商务业务，其销售收入已占内销总收入的 49%。“上标 .cn”也成为紧固件行业有影响力的门户网站。这是“互联网＋”对紧固件行业带来的变革，促进产销方式的转变，推进紧固件产业提质增效的一个典范。

10 月 20 日 由贵州航天精工制造有限公司协办的“核电紧固件质量管理遵义会议”在贵州省遵义市召开。

10 月 25 日 温州市紧固件行业协会三届四次会员大会透露，2016 年温州市紧固件行业的产品销售产值预计超 200 亿元，其中新技术创新产品新增产值达 10 亿元。

10 月 30 日 从浙江宁波镇海出入境检验检疫局获悉，浙江宁波镇海区通过创建省级出口紧固件质量安全示范区，引导相关企业逐渐形成质量、品牌与创新“三驾马车”齐头并进的局面。

10 月 甘肃省质量技术监督局 10 月份委托有关质检机构对兰州市销售的汽车轮胎螺栓及螺母产品开展质量风险监测。监测结果显示，兰州市销售的汽车轮胎螺栓及螺母品牌、种类多，产品质量参差不齐，不符合项主要是：硬度、抗拉强度低，热处理工艺不符合要求，无性能等级标志。此次风险监测采集样品 40 批次，依据 GB/T3098.1—2010《紧固件机械性能　螺栓、螺钉和螺柱》、GB/T3098.2—2000《紧固件机械性能螺母　粗牙螺纹》标准，对汽车轮胎螺栓及螺母产品的抗拉强度、硬度、脱碳层深度、保证载荷和标志进行了检测分析。其中，螺栓抗拉强度符合率 67.5%、硬度符合率 65%、全脱碳层深度符合率 75%、标志符合率符 60%；螺母硬度符合率 80%、标志符合率 20%。

12 月 13 日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会第八届会员代表大会在温州召开，大会审议通过协会工作报告和财务收支情况报告。大会选举上海南市螺丝有限公司总经理薛康生为新一任会长，冯金尧为名誉会长。

12 月 28 日 中国机械通用零部件工业协会紧固件分会完成了《中国紧固件工业史》的编写工作，《中国紧固件工业史》客观地记录了行业的发展历程，为行业留下宝贵的历史资料。

附录 C　紧固件行业国家标准目录

术语、标记、验收与包装、质量保证、尺寸代号及标注

GB/T 90.1—2002　紧固件　验收检查

GB/T 90.2—2002　紧固件　标志与包装

GB/T 90.3—2010　紧固件　质量保证体系

GB/T 1237—2000　紧固件标记方法

GB/T 3099.1—2008　紧固件术语　螺纹紧固件、销及垫圈

GB/T 3099.2—2004　紧固件术语　盲铆钉

GB/T 5276—2015　紧固件　螺栓、螺钉、螺柱及螺母　尺寸代号和标注

GB/Z 32564—2016　螺母设计指南

公差

GB/T 3103.1—2002　紧固件公差　螺栓、螺钉、螺柱和螺母

GB/T 3103.2—1982　紧固件公差　用于精密机械的螺栓、螺钉和螺母

GB/T 3103.3—2000　紧固件公差　平垫圈

GB/T 3103.4—2014　紧固件公差　-200℃～+700℃使用的螺栓—螺母连接副

结构要素

GB/T 2—2016　紧固件　外螺纹零件的末端

GB/T 3—1997　普通螺纹收尾、肩距、退刀槽和倒角

GB/T 152.1—1988　紧固件　铆钉用通孔

GB/T 152.2—2014　紧固件　沉头螺钉用沉孔

GB/T 152.3—1988　紧固件　圆柱头用沉孔

GB/T 152.4—1988　紧固件　六角头螺栓和六角螺母用沉孔

GB/T 152.5—2014　紧固件　沉头木螺钉用沉孔

GB/T 944.1—1985　螺钉用十字槽

GB/T 3104—1982　紧固件　六角产品的对边宽度
GB/T 3105—2002　普通螺栓和螺钉　头下圆角半径
GB/T 3106—2016　紧固件　螺栓、螺钉和螺柱公称长度和螺纹长度
GB/T 5277—1985　紧固件　螺栓和螺钉通孔
GB/T 5278—1985　紧固件　开口销孔和金属丝孔
GB/T 5279—1985　沉头螺钉　头部形状和测量
GB/T 5279.2—1997　沉头螺钉　第 2 部分：十字槽插入深度
GB/T 5280—2002　自攻螺钉用螺纹
GB/T 5286—2001　螺栓、螺钉和螺母用平垫圈　总方案
GB/T 6188—2008　螺栓和螺钉用内六角花形
GB/T 6189—1986　紧固件用六角花形　E 型
GB/T 6559—1986　自攻锁紧螺钉的螺杆　粗牙普通螺纹系列
GB/T 12520—1990　高扭矩十字槽
GB/T 18194—2000　铆钉杆径

技术条件

GB/T 94.1—2008　弹性垫圈技术条件　弹簧垫圈
GB/T 94.2—1987　弹性垫圈技术条件　齿形、锯齿锁紧垫圈
GB/T 94.3—2008　弹性垫圈技术条件　鞍形、波形弹性垫圈
GB/T 98—1988　止动垫圈技术条件
GB/T 116—1986　铆钉技术条件
GB/T 121—1986　销技术条件
GB/T 922—1986　木螺钉技术条件
GB/T 959.1—1986　挡圈技术条件　弹性挡圈
GB/T 959.2—1986　挡圈技术条件　钢丝挡圈
GB/T 959.3—1986　挡圈技术条件　切制挡圈
GB/T 15855.3—1995　击芯铆钉技术条件
GB/T 16938—2008　紧固件 螺栓、螺钉、螺柱和螺母通用技术条件
GB/T 17880.6—1999　铆螺母技术条件
GB/T 24425.6—2009　钢丝螺套技术条件

机械性能

GB/T 3098.1—2010　紧固件机械性能　螺栓、螺钉和螺柱

GB/T 3098.2—2015　紧固件机械性能　螺母

GB/T 3098.3—2016　紧固件机械性能　紧定螺钉

GB/T 3098.5—2016　紧固件机械性能　自攻螺钉

GB/T 3098.6—2014　紧固件机械性能　不锈钢螺栓、螺钉和螺柱

GB/T 3098.7—2000　紧固件机械性能　自挤螺钉

GB/T 3098.8—2010　紧固件机械性能　-200℃～ +700℃使用的螺栓连接零件

GB/T 3098.9—2010　紧固件机械性能　有效力矩型钢锁紧螺母

GB/T 3098.10—1993　紧固件机械性能　有色金属制造的螺栓、螺钉、螺柱和螺母

GB/T 3098.11—2002　紧固件机械性能　自钻自攻螺钉

GB/T 3098.12—1996　紧固件机械性能　螺母锥形保证载荷试验

GB/T 3098.13—1996　紧固件机械性能　螺栓与螺钉的扭矩试验和破坏扭矩　公称直径 1 ～ 10mm

GB/T 3098.14—2000　紧固件机械性能　螺母扩孔试验

GB/T 3098.15—2014　紧固件机械性能　不锈钢螺母

GB/T 3098.16—2014　紧固件机械性能　不锈钢紧定螺钉

GB/T 3098.17—2000　紧固件机械性能　检查氢脆用预载荷试验　平行支承面法

GB/T 3098.18—2004　紧固件机械性能　盲铆钉试验方法

GB/T 3098.19—2004　紧固件机械性能　抽芯铆钉

GB/T 3098.20—2004　紧固件机械性能　蝶形螺母　保证扭矩

GB/T 3098.21—2014　紧固件机械性能　不锈钢自攻螺钉

GB/T 3098.22—2009　紧固件机械性能　细晶非调质钢螺栓、螺钉和螺柱

表面缺陷和表面处理

GB/T 5267.1—2002　紧固件　电镀层

GB/T 5267.2—2002　紧固件　非电解锌片涂层

GB/T 5267.3—2008　紧固件　热浸镀锌层

GB/T 5267.4—2009　紧固件表面处理　耐腐蚀不锈钢钝化处理
GB/T 5779.1—2000　紧固件表面缺陷　螺栓、螺钉和螺柱　一般要求
GB/T 5779.2—2000　紧固件表面缺陷　螺母
GB/T 5779.3—2000　紧固件表面缺陷　螺栓、螺钉和螺柱　特殊要求

检测

GB/T 70.5—2008　内六角量规
GB/T 10431—2008　紧固件横向振动试验方法
GB/T 13682—1992　螺纹紧固件轴向载荷疲劳试验方法
GB/T 13683—1992　销　剪切试验方法
GB/T 16823.1—1997　螺纹紧固件应力截面积和承载面积
GB/T 16823.2—1997　螺纹紧固件紧固通则
GB/T 16823.3—2010　紧固件　扭矩—夹紧力试验

螺栓

GB/T 8—1988　方头螺栓　C 级
GB/T 10—2013　沉头方颈螺栓
GB/T 11—2013　沉头带榫螺栓
GB/T 12—2013　圆头方颈螺栓
GB/T 13—2013　圆头带榫螺栓
GB/T 14—2013　扁圆头方颈螺栓
GB/T 15—2013　扁圆头带榫螺栓
GB/T 27—2013　六角头加强杆螺栓
GB/T 28—2013　六角头螺杆带孔加强杆螺栓
GB/T 29.1—2013　六角头带槽螺栓
GB/T 29.2—2013　六角头带十字槽螺栓
GB/T 31.1—2013　六角头螺杆带孔螺栓
GB/T 31.2—1988　六角头螺杆带孔螺栓　细杆　B 级
GB/T 31.3—1988　六角头螺杆带孔螺栓　细牙　A 和 B 级
GB/T 32.1—1988　六角头头部带孔螺栓　A 和 B 级

GB/T 32.2—1988　六角头头部带孔螺栓　细杆　B 级
GB/T 32.3—1988　六角头头部带孔螺栓　细牙　A 和 B 级
GB/T 35—2013　小方头螺栓　B 级
GB/T 37—1988　T 形槽用螺栓
GB/T 794—1993　加强半圆头方颈螺栓
GB/T 798—1988　活节螺栓
GB/T 799—1988　地脚螺栓
GB/T 800—1988　沉头双榫螺栓
GB/T 801—1998　小半圆头低方颈螺栓　B 级
GB/T 5780—2016　六角头螺栓　C 级
GB/T 5781—2016　六角头螺栓　全螺纹　C 级
GB/T 5782—2016　六角头螺栓
GB/T 5783—2016　六角头螺栓　全螺纹
GB/T 5784—1986　六角头螺栓　细杆　B 级
GB/T 5785—2016　六角头螺栓　细牙
GB/T 5786—2016　六角头螺栓　细牙　全螺纹
GB/T 5789—1986　六角法兰面螺栓　加大系列　B 级
GB/T 5790—1986　六角法兰面螺栓　加大系列　细杆　B 级
GB/T 16674.1—2016　六角法兰面螺栓　小系列
GB/T 16674.2—2016　六角法兰面螺栓　细牙　小系列
GB/T 16939—2016　钢网架螺栓球节点用高强度螺栓

螺柱

GB/T 897—1988　双头螺柱　bm = 1d
GB/T 898—1988　双头螺柱　bm = 1.25d
GB/T 899—1988　双头螺柱　bm = 1.5d
GB/T 900—1988　双头螺柱　bm = 2d
GB/T 901—1988　等长双头螺柱　B 级
GB/T 902.1—2008　手工焊用焊接螺柱
GB/T 902.2—2010　电弧螺柱焊用焊接螺柱

GB/T 902.3—2008　储能焊用焊接螺柱

GB/T 902.4—2010　短周期电弧螺柱焊用焊接螺柱

GB/T 953—1988　等长双头螺柱　C 级

GB/T 15389—1994　螺杆

螺母

GB/T 39—1988　方螺母　C 级

GB/T 41—2016　1 型六角螺母　C 级

GB/T 56—1988　六角厚螺母

GB/T 62.1—2004　蝶形螺母　圆翼

GB/T 62.2—2004　蝶形螺母　方翼

GB/T 62.3—2004　蝶形螺母　冲压

GB/T 62.4—2004　蝶形螺母　压铸

GB/T 63—1988　环形螺母

GB/T 802.1—2008　组合式盖形螺母

GB/T 802.3—2009　六角法兰面盖形螺母　焊接型

GB/T 802.4—2009　六角低球面盖形螺母　焊接型

GB/T 802.5—2009　非金属嵌件六角锁紧盖形螺母　焊接型

GB/T 804—1988　球面六角螺母

GB/T 805—1988　扣紧螺母

GB/T 806—1988　滚花高螺母

GB/T 807—1988　滚花薄螺母

GB/T 808—1988　小六角特扁细牙螺母

GB/T 809—1988　嵌装圆螺母

GB/T 810—1988　小圆螺母

GB/T 812—1988　圆螺母

GB/T 815—1988　端面带孔圆螺母

GB/T 816—1988　侧面带孔圆螺母

GB/T 817—1988　带槽圆螺母

GB/T 889.1—2015　1 型非金属嵌件六角锁紧螺母

GB/T 889.2—2016　1 型非金属嵌件六角锁紧螺母　细牙

GB/T 923—2009　六角盖形螺母

GB/T 6170—2015　1 型六角螺母

GB/T 6171—2016　1 型六角螺母　细牙

GB/T 6172.1—2016　六角薄螺母

GB/T 6172.2—2016　非金属嵌件六角锁紧薄螺母

GB/T 6173—2015　六角薄螺母　细牙

GB/T 6174—2016　六角薄螺母　无倒角

GB/T 6175—2016　2 型六角螺母

GB/T 6176—2016　2 型六角螺母　细牙

GB/T 6177.1—2016　2 型六角法兰面螺母

GB/T 6177.2—2016　2 型六角法兰面螺母　细牙

GB/T 6178—1986　1 型六角开槽螺母　A 和 B 级

GB/T 6179—1986　1 型六角开槽螺母　C 级

GB/T 6180—1986　2 型六角开槽螺母　A 和 B 级

GB/T 6181—1986　六角开槽薄螺母　A 和 B 级

GB/T 6182—2016　2 型非金属嵌件六角锁紧螺母

GB/T 6183.1—2016　2 型非金属嵌件六角法兰面锁紧螺母

GB/T 6183.2—2016　2 型非金属嵌件六角法兰面锁紧螺母　细牙

GB/T 6184—2000　1 型全金属六角锁紧螺母

GB/T 6185.1—2016　2 型全金属六角锁紧螺母

GB/T 6185.2—2016　2 型全金属六角锁紧螺母　细牙

GB/T 6186—2000　2 型全金属六角锁紧螺母　9 级

GB/T 6187.1—2016　2 型全金属六角法兰面锁紧螺母

GB/T 6187.2—2016　2 型全金属六角法兰面锁紧螺母　细牙

GB/T 9457—1988　1 型六角开槽螺母 细牙　A 和 B 级

GB/T 9458—1988　2 型六角开槽螺母 细牙　A 和 B 级

GB/T 9459—1988　六角开槽薄螺母 细牙　A 和 B 级

GB/T 13680—1992　焊接方螺母

GB/T 13681—1992　焊接六角螺母

GB/T 13681.2—2010　焊接六角法兰面螺母
GB/T 17880.1—1999　平头铆螺母
GB/T 17880.2—1999　沉头铆螺母
GB/T 17880.3—1999　小沉头铆螺母
GB/T 17880.4—1999　120°小沉头铆螺母
GB/T 17880.5—1999　平头六角铆螺母
GB/T 18195—2000　精密机械用六角螺母
GB/T 24425.1—2009　普通型钢丝螺套
GB/T 24425.2—2009　普通型盲孔用钢丝螺套
GB/T 24425.3—2009　锁紧型钢丝螺套
GB/T 24425.4—2009　锁紧型盲孔用钢丝螺套
GB/T 24425.5—2009　钢丝螺套用内螺纹

螺钉

GB/T 65—2016　开槽圆柱头螺钉
GB/T 67—2016　开槽盘头螺钉
GB/T 68—2016　开槽沉头螺钉
GB/T 69—2016　开槽半沉头螺钉
GB/T 70.1—2008　内六角圆柱头螺钉
GB/T 70.2—2015　内六角平圆头螺钉
GB/T 70.3—2008　内六角沉头螺钉
GB/T 70.4—2015　内六角平圆头凸缘螺钉
GB/T 71—1985　开槽锥端紧定螺钉
GB/T 72—1988　开槽锥端定位螺钉
GB/T 73—1985　开槽平端紧定螺钉
GB/T 74—1985　开槽凹端紧定螺钉
GB/T 75—1985　开槽长圆柱端紧定螺钉
GB/T 77—2007　内六角平端紧定螺钉
GB/T 78—2007　内六角锥端紧定螺钉
GB/T 79—2007　内六角圆柱端紧定螺钉

GB/T 80—2007　内六角凹端紧定螺钉

GB/T 83—1988　方头长圆柱球面端紧定螺钉

GB/T 84—1988　方头凹端紧定螺钉

GB/T 85—1988　方头长圆柱端紧定螺钉

GB/T 86—1988　方头短圆柱锥端紧定螺钉

GB/T 818—2016　十字槽盘头螺钉

GB/T 819.1—2016　十字槽沉头螺钉　第 1 部分：4.8 级

GB/T 819.2—2016　十字槽沉头螺钉　第 2 部分：8.8 级、不锈钢及有色金属螺钉

GB/T 820—2015　十字槽半沉头螺钉

GB/T 821—1988　方头平端紧定螺钉

GB/T 822—2016　十字槽圆柱头螺钉

GB/T 823—2016　十字槽小盘头螺钉

GB/T 825—1988　吊环螺钉

GB/T 828—1988　开槽盘头定位螺钉

GB/T 829—1988　开槽圆柱端定位螺钉

GB/T 830—1988　开槽圆柱头轴位螺钉

GB/T 831—1988　开槽无头轴位螺钉

GB/T 832—1988　开槽带孔球面圆柱头螺钉

GB/T 833—1988　开槽大圆柱头螺钉

GB/T 834—1988　滚花高头螺钉

GB/T 835—1988　滚花平头螺钉

GB/T 836—1988　滚花小头螺钉

GB/T 837—1988　开槽盘头不脱出螺钉

GB/T 838—1988　六角头不脱出螺钉

GB/T 839—1988　滚花头不脱出螺钉

GB/T 840—1988　塑料滚花头螺钉

GB/T 878—2007　开槽无头螺钉

GB/T 946—1988　开槽球面圆柱头轴位螺钉

GB/T 947—1988　开槽球面大圆柱头螺钉

GB/T 948—1988　开槽沉头不脱出螺钉
GB/T 949—1988　开槽半沉头不脱出螺钉
GB/T 2671.1—2004　内六角花形低圆柱头螺钉
GB/T 2671.2—2004　内六角花形圆柱头螺钉
GB/T 2672—2004　内六角花形盘头螺钉
GB/T 2673—2007　内六角花形沉头螺钉
GB/T 2674—2004　内六角花形半沉头螺钉
GB/T 5281—1985　内六角圆柱头轴肩螺钉
GB/T 13806.1—1992　精密机械用紧固件　十字槽螺钉

木螺钉

GB/T 99—1986　开槽圆头木螺钉
GB/T 100—1986　开槽沉头木螺钉
GB/T 101—1986　开槽半沉头木螺钉
GB/T 102—1986　六角头木螺钉
GB/T 950—1986　十字槽圆头木螺钉
GB/T 951—1986　十字槽沉头木螺钉
GB/T 952—1986　十字槽半沉头木螺钉

自攻螺钉

GB/T 845—1985　十字槽盘头自攻螺钉
GB/T 846—1985　十字槽沉头自攻螺钉
GB/T 847—1985　十字槽半沉头自攻螺钉
GB/T 2670.1—2004　内六角花形盘头自攻螺钉
GB/T 2670.2—2004　内六角花形沉头自攻螺钉
GB/T 2670.3—2004　内六角花形半沉头自攻螺钉
GB/T 5282—1985　开槽盘头自攻螺钉
GB/T 5283—1985　开槽沉头自攻螺钉
GB/T 5284—1985　开槽半沉头自攻螺钉
GB/T 5285—1985　六角头自攻螺钉

GB/T 6560—2014　十字槽盘头自挤螺钉
GB/T 6561—2014　十字槽沉头自挤螺钉
GB/T 6562—2014　十字槽半沉头自挤螺钉
GB/T 6563—2014　六角头自挤螺钉
GB/T 6564.1—2014　内六角花形圆柱头自挤螺钉
GB/T 9456—1988　十字槽凹穴六角头自攻螺钉
GB/T 13806.2—1992　精密机械用紧固件　十字槽自攻螺钉　刮削端
GB/T 14210—1993　墙板自攻螺钉
GB/T 15856.1—2002　十字槽盘头自钻自攻螺钉
GB/T 15856.2—2002　十字槽沉头自钻自攻螺钉
GB/T 15856.3—2002　十字槽半沉头自钻自攻螺钉
GB/T 15856.4—2002　六角法兰面自钻自攻螺钉
GB/T 15856.5—2002　六角凸缘自钻自攻螺钉
GB/T 16824.1—2016　六角凸缘自攻螺钉
GB/T 16824.2—2016　六角法兰面自攻螺钉

垫圈

GB/T 93—1987　标准型弹簧垫圈
GB/T 95—2002　平垫圈　C 级
GB/T 96.1—2002　大垫圈　A 级
GB/T 96.2—2002　大垫圈　C 级
GB/T 97.1—2002　平垫圈　A 级
GB/T 97.2—2002　平垫圈　倒角型　A 级
GB/T 97.3—2000　销轴用平垫圈
GB/T 97.4—2002　平垫圈　用于螺钉和垫圈组合件
GB/T 97.5—2002　平垫圈　用于自攻螺钉和垫圈组合件
GB/T 848—2002　小垫圈　A 级
GB/T 849—1988　球面垫圈
GB/T 850—1988　锥面垫圈
GB/T 851—1988　开口垫圈

GB/T 852—1988　工字钢用方斜垫圈
GB/T 853—1988　槽钢用方斜垫圈
GB/T 854—1988　单耳止动垫圈
GB/T 855—1988　双耳止动垫圈
GB/T 856—1988　外舌止动垫圈
GB/T 858—1988　圆螺母用止动垫圈
GB/T 859—1987　轻型弹簧垫圈
GB/T 860—1987　鞍形弹性垫圈
GB/T 861.1—1987　内齿锁紧垫圈
GB/T 861.2—1987　内锯齿锁紧垫圈
GB/T 862.1—1987　外齿锁紧垫圈
GB/T 862.2—1987　外锯齿锁紧垫圈
GB/T 955—1987　波形弹性垫圈
GB/T 956.1—1987　锥形锁紧垫圈
GB/T 956.2—1987　锥形锯齿锁紧垫圈
GB/T 5287—2002　特大垫圈　C 级
GB/T 7244—1987　重型弹簧垫圈
GB/T 7245—1987　鞍形弹簧垫圈
GB/T 7246—1987　波形弹簧垫圈

销

GB/T 91—2000　开口销
GB/T 117—2000　圆锥销
GB/T 118—2000　内螺纹圆锥销
GB/T 119.1—2000　圆柱销　不淬硬钢和奥氏体不锈钢
GB/T 119.2—2000　圆柱销　淬硬钢和马氏体不锈钢
GB/T 120.1—2000　内螺纹圆柱销　不淬硬钢和奥氏体不锈钢
GB/T 120.2—2000　内螺纹圆柱销　淬硬钢和马氏体不锈钢
GB/T 877—1986　开尾圆锥销
GB/T 879.1—2000　弹性圆柱销　直槽　重型

GB/T 879.2—2000　弹性圆柱销　直槽　轻型
GB/T 879.3—2000　弹性圆柱销　卷制　重型
GB/T 879.4—2000　弹性圆柱销　卷制　标准型
GB/T 879.5—2000　弹性圆柱销　卷制　轻型
GB/T 880—2008　无头销轴
GB/T 881—2000　螺尾锥销
GB/T 882—2008　销轴
GB/T 13829.1—2004　槽销　带导杆及全长平行沟槽
GB/T 13829.2—2004　槽销　带倒角及全长平行沟槽
GB/T 13829.3—2004　槽销　中部槽长为 1/3 全长
GB/T 13829.4—2004　槽销　中部槽长为 1/2 全长
GB/T 13829.5—2004　槽销　全长锥槽
GB/T 13829.6—2004　槽销　半长锥槽
GB/T 13829.7—2004　槽销　半长倒锥槽
GB/T 13829.8—2004　圆头槽销
GB/T 13829.9—2004　沉头槽销

铆钉

GB/T 109—1986　平头铆钉
GB/T 827—1986　标牌铆钉
GB/T 863.1—1986　半圆头铆钉（粗制）
GB/T 863.2—1986　小半圆头铆钉（粗制）
GB/T 864—1986　平锥头铆钉（粗制）
GB/T 865—1986　沉头铆钉（粗制）
GB/T 866—1986　半沉头铆钉（粗制）
GB/T 867—1986　半圆头铆钉
GB/T 868—1986　平锥头铆钉
GB/T 869—1986　沉头铆钉
GB/T 870—1986　半沉头铆钉
GB/T 871—1986　扁圆头铆钉

GB/T 872—1986　扁平头铆钉
GB/T 873—1986　扁圆头半空心铆钉
GB/T 874—1986　120° 沉头半空心铆钉
GB/T 875—1986　扁平头半空心铆钉
GB/T 876—1986　空心铆钉
GB/T 954—1986　120° 沉头铆钉
GB/T 1011—1986　大扁圆头铆钉
GB/T 1012—1986　120° 半沉头铆钉
GB/T 1013—1986　平锥头半空心铆钉
GB/T 1014—1986　大扁圆头半空心铆钉
GB/T 1015—1986　沉头半空心铆钉
GB/T 1016—1986　无头铆钉
GB/T 12615.1—2004　封闭型平圆头抽芯铆钉 11 级
GB/T 12615.2—2004　封闭型平圆头抽芯铆钉 30 级
GB/T 12615.3—2004　封闭型平圆头抽芯铆钉 06 级
GB/T 12615.4—2004　封闭型平圆头抽芯铆钉 51 级
GB/T 12616.1—2004　封闭型沉头抽芯铆钉 11 级
GB/T 12617.1—2006　开口型沉头抽芯铆钉 10、11 级
GB/T 12617.2—2006　开口型沉头抽芯铆钉 30 级
GB/T 12617.3—2006　开口型沉头抽芯铆钉 12 级
GB/T 12617.4—2006　开口型沉头抽芯铆钉 51 级
GB/T 12617.5—2006　开口型沉头抽芯铆钉 20、21、22 级
GB/T 12618.1—2006　开口型平圆头抽芯铆钉 10、11 级
GB/T 12618.2—2006　开口型平圆头抽芯铆钉 30 级
GB/T 12618.3—2006　开口型平圆头抽芯铆钉 12 级
GB/T 12618.4—2006　开口型平圆头抽芯铆钉 51 级
GB/T 12618.5—2006　开口型平圆头抽芯铆钉 20、21、22 级
GB/T 12618.6—2006　开口型平圆头抽芯铆钉 40、41 级
GB/T 15855.1—1995　扁圆头击芯铆钉
GB/T 15855.2—1995　沉头击芯铆钉

挡圈

GB/T 883—1986　锥销锁紧挡圈

GB/T 884—1986　螺钉锁紧挡圈

GB/T 885—1986　带锁圈的螺钉锁紧挡圈

GB/T 886—1986　轴肩挡圈

GB/T 891—1986　螺钉紧固轴端挡圈

GB/T 892—1986　螺栓紧固轴端挡圈

GB/T 893.1—1986　孔用弹性挡圈　A 型

GB/T 893.2—1986　孔用弹性挡圈　B 型

GB/T 894.1—1986　轴用弹性挡圈　A 型

GB/T 894.2—1986　轴用弹性挡圈　B 型

GB/T 895.1—1986　孔用钢丝挡圈

GB/T 895.2—1986　轴用钢丝挡圈

GB/T 896—1986　开口挡圈

GB/T 921—1986　钢丝锁圈

GB/T 960—1986　夹紧挡圈

紧固件——组合件和连接副

GB/T 1228—2006　钢结构用高强度大六角头螺栓

GB/T 1229—2006　钢结构用高强度大六角螺母

GB/T 1230—2006　钢结构用高强度垫圈

GB/T 1231—2006　钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件

GB/T 3632—2008　钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副

GB/T 9074.1—2002　螺栓或螺钉和平垫圈组合件

GB/T 9074.2—1988　十字槽盘头螺钉和外锯齿锁紧垫圈组合件

GB/T 9074.3—1988　十字槽盘头螺钉和弹簧垫圈组合件

GB/T 9074.4—1988　十字槽盘头螺钉、弹簧垫圈和平垫圈组合件

GB/T 9074.5—2004　十字槽小盘头螺钉和平垫圈组合件

GB/T 9074.7—1988　十字槽小盘头螺钉和弹簧垫圈组合件

GB/T 9074.8—1988　十字槽小盘头螺钉、弹簧垫圈和平垫圈组合件

GB/T 9074.9—1988　十字槽沉头螺钉和锥形锁紧垫圈组合件

GB/T 9074.10—1988　十字槽半沉头螺钉和锥形锁紧垫圈组合件

GB/T 9074.11—1988　十字槽凹穴六角头螺栓和平垫圈组合件

GB/T 9074.12—1988　十字槽凹穴六角头螺栓和弹簧垫圈组合件

GB/T 9074.13—1988　十字槽凹穴六角头螺栓、弹簧垫圈和平垫圈组合件

GB/T 9074.15—1988　六角头螺栓和弹簧垫圈组合件

GB/T 9074.16—1988　六角头螺栓和外锯齿锁紧垫圈组合件

GB/T 9074.17—1988　六角头螺栓、弹簧垫圈和平垫圈组合件

GB/T 9074.18—2002　自攻螺钉和平垫圈组合件

GB/T 9074.20—2004　十字槽凹穴六角头自攻螺钉和平垫圈组合件

GB/T 9074.26—1988　组合件用弹簧垫圈

GB/T 9074.27—1988　组合件用外锯齿锁紧垫圈

GB/T 9074.28—1988　组合件用锥形锁紧垫圈

GB/T 13807.1—2008　腰状杆螺柱连接副　型式分类

GB/T 13807.2—2008　腰状杆螺柱连接副　螺柱

GB/T 13807.3—2008　腰状杆螺柱连接副　螺母、受力套管

GB/T 18230.1—2000　栓接结构用大六角头螺栓　螺纹长度按 GB/T 3106 C 级　8.8 和 10.9 级

GB/T 18230.2—2000　栓接结构用大六角头螺栓　短螺纹长度　C 级　8.8 和 10.9 级

GB/T 18230.3—2000　栓接结构用大六角螺母　B 级　8 和 10 级

GB/T 18230.4—2000　栓接结构用 1 型大六角螺母　B 级　10 级

GB/T 18230.5—2000　栓接结构用平垫圈　淬火并回火

GB/T 18230.6—2000　栓接结构用 1 型六角螺母　热浸镀锌（加大攻丝尺寸）A 和 B 级　5、6 和 8 级

GB/T 18230.7—2000　栓接结构用 2 型六角螺母　热浸镀锌（加大攻丝尺寸）A 级　9 级

GB/T 22795—2008　混凝土用膨胀型锚栓　型式与尺寸

GB/T 32076.1—2015　预载荷高强度栓接结构连接副　第 1 部分：通用要求

GB/T 32076.2—2015　预载荷高强度栓接结构连接副　第 2 部分：预载荷适应性

GB/T 32076.3—2015　预载荷高强度栓接结构连接副　第 3 部分：HR 型大六角头螺栓和螺母连接副

GB/T 32076.4—2015　预载荷高强度栓接结构连接副　第 4 部分：HV 型大六角头螺栓和螺母连接副

GB/T 32076.5—2015　预载荷高强度栓接结构连接副　第 5 部分：平垫圈

GB/T 32076.6—2015　预载荷高强度栓接结构连接副　第 6 部分：倒角平垫圈

GB/T 32076.7—2015　预载荷高强度栓接结构连接副　第 7 部分：M39 ～ M64 大六角头螺栓和螺母连接副

焊钉

GB/T 10432.1—2010　电弧螺柱焊用无头焊钉

GB/T 10432.2—2016　短周期电弧螺柱焊用无头焊钉

GB/T 10432.3—2010　储能焊用无头焊钉

GB/T 10433—2002　电弧螺柱焊用圆柱头焊钉

中华人民共和国机械行业标准——紧固件

JB/T 5399—1991　尼龙嵌件锁紧螺栓、螺钉锁紧部分　结构要素与锁紧力矩

JB/T 6361.5—1992　环槽钉及螺旋槽钉　技术条件

JB/T 7384.1—1994　紧固件　对角宽度止端检验模

JB/T 7384.2—1994　紧固件　沉头及半沉头头部高度检验模

JB/T 7384.3—1994　紧固件　头部高度及开槽与支承面间的厚度检验模

JB/T 7384.4—1994　紧固件　扳拧高度检验模

JB/T 7384.5—1994　紧固件　内六角量规

JB/T 7384.6—1994　紧固件　内六角对角宽度通端量规

JB/T 7384.7—1994　紧固件　开槽宽度塞规

JB/T 7384.8—1994　紧固件　开槽深度塞规

JB/T 7384.9—1994　紧固件　开槽螺母槽底与支承面间厚度卡规

JB/T 7384.10—1994　紧固件　杆部销孔、头部销孔对称度、开槽螺母槽对称度及开口销孔垂直度检具

JB/T 7384.11—1994　紧固件　螺母螺纹垂直规

JB/T 7384.12—1994　紧固件　螺杆直线度检验模

JB/T 7384.13—1994　紧固件　自攻锁紧螺钉外接圆直径量规

JB/T 7384.14—1994　紧固件　木螺钉螺纹小径卡尺

JB/T 7384.15—1994　紧固件　检测开口销两脚的间隙和错移量环规

JB/T 7384.16—1994　紧固件　铆钉孔径塞规

JB/T 7384.17—1994　紧固件　铆钉孔深塞规

JB/T 7384.18—1994　紧固件　垫圈孔径量规

JB/T 9151.1—1999　紧固件测试方法　尺寸与几何精度　螺栓、螺钉、螺柱和螺母

JB/T 9151.2—1999　紧固件测试方法　尺寸与几何精度　木螺钉

JB/T 9151.3—1999　紧固件测试方法　尺寸与几何精度　自攻螺钉

JB/T 9151.4—1999　紧固件测试方法　尺寸与几何精度　垫圈

JB/T 9151.5—1999　紧固件测试方法　尺寸与几何精度　销

JB/T 9151.6—1999　紧固件测试方法　尺寸与几何精度　铆钉

JB/T 9151.7—1999　紧固件测试方法　尺寸与几何精度　挡圈

JB/T 7382—1994　吊环螺母

JB/T 6361.1—1992　平头环槽钉

JB/T 6361.2—1992　沉头环槽钉

JB/T 6361.3—1992　平头螺旋槽钉

JB/T 6361.4—1992　沉头螺旋槽钉

JB/T 9150—1999　防松螺栓连接副

附录 D　中国制造 2025（摘要）

制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。十八世纪中叶开启工业文明以来，世界强国的兴衰史和中华民族的奋斗史一再证明，没有强大的制造业，就没有国家和民族的强盛。打造具有国际竞争力的制造业，是我国提升综合国力、保障国家安全、建设世界强国的必由之路。

新中国成立尤其是改革开放以来，我国制造业持续快速发展，建成了门类齐全、独立完整的产业体系，有力推动工业化和现代化进程，显著增强综合国力，支撑我世界大国地位。然而，与世界先进水平相比，我国制造业仍然大而不强，在自主创新能力、资源利用效率、产业结构水平、信息化程度、质量效益等方面差距明显，转型升级和跨越发展的任务紧迫而艰巨。

当前，新一轮科技革命和产业变革与我国加快转变经济发展方式形成历史性交汇，国际产业分工格局正在重塑。必须紧紧抓住这一重大历史机遇，按照“四个全面”战略布局要求，实施制造强国战略，加强统筹规划和前瞻部署，力争通过三个十年的努力，到新中国成立一百年时，把我国建设成为引领世界制造业发展的制造强国，为实现中华民族伟大复兴的中国梦打下坚实基础。

《中国制造 2025》，是我国实施制造强国战略第一个十年的行动纲领。

一、发展形势和环境

（一）全球制造业格局面临重大调整

新一代信息技术与制造业深度融合，正在引发影响深远的产业变革，形成新的生产方式、产业形态、商业模式和经济增长点。各国都在加大科技创新力度，推动三维（3D）打印、移动互联网、云计算、大数据、生物工程、新能源、新材料等领域取得新突破。基于信息物理系统的智能装备、智能工厂等智能制造正在引领制造方式变革；网络众包、协同设计、大规模个性化定制、精准供应链管理、全生命周期管理、电子商务等正在重塑产业价值链体系；可穿戴智能产品、智能家电、智能汽车等智能终端产品不断拓展制造业新领域。我国制造业转型升级、创新发展迎来重大机遇。

全球产业竞争格局正在发生重大调整，我国在新一轮发展中面临巨大挑战。国际金融危机发生后，发达国家纷纷实施“再工业化”战略，重塑制造业竞争新

优势，加速推进新一轮全球贸易投资新格局。一些发展中国家也在加快谋划和布局，积极参与全球产业再分工，承接产业及资本转移，拓展国际市场空间。我国制造业面临发达国家和其他发展中国家“双向挤压”的严峻挑战，必须放眼全球，加紧战略部署，着眼建设制造强国，固本培元，化挑战为机遇，抢占制造业新一轮竞争制高点。

（二）我国经济发展环境发生重大变化

随着新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步推进，超大规模内需潜力不断释放，为我国制造业发展提供了广阔空间。各行业新的装备需求、人民群众新的消费需求、社会管理和公共服务新的民生需求、国防建设新的安全需求，都要求制造业在重大技术装备创新、消费品质量和安全、公共服务设施设备供给和国防装备保障等方面迅速提升水平和能力。全面深化改革和进一步扩大开放，将不断激发制造业发展活力和创造力，促进制造业转型升级。

我国经济发展进入新常态，制造业发展面临新挑战。资源和环境约束不断强化，劳动力等生产要素成本不断上升，投资和出口增速明显放缓，主要依靠资源要素投入、规模扩张的粗放发展模式难以为继，调整结构、转型升级、提质增效刻不容缓。形成经济增长新动力，塑造国际竞争新优势，重点在制造业，难点在制造业，出路也在制造业。

（三）建设制造强国任务艰巨而紧迫

经过几十年的快速发展，我国制造业规模跃居世界第一位，建立起门类齐全、独立完整的制造体系，成为支撑我国经济社会发展的重要基石和促进世界经济发展的重要力量。持续的技术创新，大大提高了我国制造业的综合竞争力。载人航天、载人深潜、大型飞机、北斗卫星导航、超级计算机、高铁装备、百万千瓦级发电装备、万米深海石油钻探设备等一批重大技术装备取得突破，形成了若干具有国际竞争力的优势产业和骨干企业，我国已具备了建设工业强国的基础和条件。

但我国仍处于工业化进程中，与先进国家相比还有较大差距。制造业大而不强，自主创新能力弱，关键核心技术与高端装备对外依存度高，以企业为主体的制造业创新体系不完善；产品档次不高，缺乏世界知名品牌；资源能源利用效率低，环境污染问题较为突出；产业结构不合理，高端装备制造业和生产性服务业发展滞后；信息化水平不高，与工业化融合深度不够；产业国际化程度不高，企业全球化经营能力不足。推进制造强国建设，必须着力解决以上问题。

建设制造强国，必须紧紧抓住当前难得的战略机遇，积极应对挑战，加强统

筹规划，突出创新驱动，制定特殊政策，发挥制度优势，动员全社会力量奋力拼搏，更多依靠中国装备、依托中国品牌，实现中国制造向中国创造的转变，中国速度向中国质量的转变，中国产品向中国品牌的转变，完成中国制造由大变强的战略任务。

二、战略方针和目标

（一）指导思想

全面贯彻党的十八大和十八届二中、三中、四中全会精神，坚持走中国特色新型工业化道路，以促进制造业创新发展为主题，以提质增效为中心，以加快新一代信息技术与制造业深度融合为主线，以推进智能制造为主攻方向，以满足经济社会发展和国防建设对重大技术装备的需求为目标，强化工业基础能力，提高综合集成水平，完善多层次多类型人才培养体系，促进产业转型升级，培育有中国特色的制造文化，实现制造业由大变强的历史跨越。基本方针是：

——创新驱动。坚持把创新摆在制造业发展全局的核心位置，完善有利于创新的制度环境，推动跨领域跨行业协同创新，突破一批重点领域关键共性技术，促进制造业数字化网络化智能化，走创新驱动的发展道路。

——质量为先。坚持把质量作为建设制造强国的生命线，强化企业质量主体责任，加强质量技术攻关、自主品牌培育。建设法规标准体系、质量监管体系、先进质量文化，营造诚信经营的市场环境，走以质取胜的发展道路。

——绿色发展。坚持把可持续发展作为建设制造强国的重要着力点，加强节能环保技术、工艺、装备推广应用，全面推行清洁生产。发展循环经济，提高资源回收利用效率，构建绿色制造体系，走生态文明的发展道路。

——结构优化。坚持把结构调整作为建设制造强国的关键环节，大力发展先进制造业，改造提升传统产业，推动生产型制造向服务型制造转变。优化产业空间布局，培育一批具有核心竞争力的产业集群和企业群体，走提质增效的发展道路。

——人才为本。坚持把人才作为建设制造强国的根本，建立健全科学合理的选人、用人、育人机制，加快培养制造业发展急需的专业技术人才、经营管理人才、技能人才。营造大众创业、万众创新的氛围，建设一支素质优良、结构合理的制造业人才队伍，走人才引领的发展道路。

（二）基本原则

市场主导，政府引导。全面深化改革，充分发挥市场在资源配置中的决定性

作用，强化企业主体地位，激发企业活力和创造力。积极转变政府职能，加强战略研究和规划引导，完善相关支持政策，为企业发展创造良好环境。

立足当前，着眼长远。针对制约制造业发展的瓶颈和薄弱环节，加快转型升级和提质增效，切实提高制造业的核心竞争力和可持续发展能力。准确把握新一轮科技革命和产业变革趋势，加强战略谋划和前瞻部署，扎扎实实打基础，在未来竞争中占据制高点。

整体推进，重点突破。坚持制造业发展全国一盘棋和分类指导相结合，统筹规划，合理布局，明确创新发展方向，促进军民融合深度发展，加快推动制造业整体水平提升。围绕经济社会发展和国家安全重大需求，整合资源，突出重点，实施若干重大工程，实现率先突破。

自主发展，开放合作。在关系国计民生和产业安全的基础性、战略性、全局性领域，着力掌握关键核心技术，完善产业链条，形成自主发展能力。继续扩大开放，积极利用全球资源和市场，加强产业全球布局和国际交流合作，形成新的比较优势，提升制造业开放发展水平。

（三）战略目标

立足国情，立足现实，力争通过“三步走”实现制造强国的战略目标。

第一步：力争用十年时间，迈入制造强国行列。

到 2020 年，基本实现工业化，制造业大国地位进一步巩固，制造业信息化水平大幅提升。掌握一批重点领域关键核心技术，优势领域竞争力进一步增强，产品质量有较大提高。制造业数字化、网络化、智能化取得明显进展。重点行业单位工业增加值能耗、物耗及污染物排放明显下降。

到 2025 年，制造业整体素质大幅提升，创新能力显著增强，全员劳动生产率明显提高，两化（工业化和信息化）融合迈上新台阶。重点行业单位工业增加值能耗、物耗及污染物排放达到世界先进水平。形成一批具有较强国际竞争力的跨国公司和产业集群，在全球产业分工和价值链中的地位明显提升。

第二步：到 2035 年，我国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平。创新能力大幅提升，重点领域发展取得重大突破，整体竞争力明显增强，优势行业形成全球创新引领能力，全面实现工业化。

第三步：新中国成立一百年时，制造业大国地位更加巩固，综合实力进入世界制造强国前列。制造业主要领域具有创新引领能力和明显竞争优势，建成全球领先的技术体系和产业体系。

2020 年和 2025 年制造业主要指标

类别	指　　标	2013 年	2015 年	2020 年	2025 年
创新能力	规模以上制造业研发经费内部支出占主营业务收入比重（%）	0.88	0.95	1.26	1.68
	规模以上制造业每亿元主营业务收入有效发明专利数 1（件）	0.36	0.44	0.70	1.10
质量效益	制造业质量竞争力指数 2	83.1	83.5	84.5	85.5
	制造业增加值率提高	–	–	比 2015 年提高 2 个百分点	比 2015 年提高 4 个百分点
	制造业全员劳动生产率增速（%）	–	–	7.5 左右（“十三五”期间年均增速）	6.5 左右（“十四五”期间年均增速）
两化融合	宽带普及率 3（%）	37	50	70	82
	数字化研发设计工具普及率 4（%）	52	58	72	84
	关键工序数控化率 5（%）	27	33	50	64
绿色发展	规模以上单位工业增加值能耗下降幅度	–	–	比 2015 年下降 18%	比 2015 年下降 34%
	单位工业增加值二氧化碳排放量下降幅度	–	–	比 2015 年下降 22%	比 2015 年下降 40%
	单位工业增加值用水量下降幅度	–	–	比 2015 年下降 23%	比 2015 年下降 41%
	工业固体废物综合利用率（%）	62	65	73	79

注：1. 规模以上制造业每亿元主营业务收入有效发明专利数 = 规模以上制造企业有效发明专利数 / 规模以上制造企业主营业务收入。

2. 制造业质量竞争力指数是反映我国制造业质量整体水平的经济技术综合指标，由质量水平和发展能力两个方面共计 12 项具体指标计算得出。

3. 宽带普及率用固定宽带家庭普及率代表，固定宽带家庭普及率 = 固定宽带家庭用户数 / 家庭户数。

4. 数字化研发设计工具普及率 = 应用数字化研发设计工具的规模以上企业数量 / 规模以上企业总数量（相关数据来源于 3 万家样本企业，下同）。

5. 关键工序数控化率为规模以上工业企业关键工序数控化率的平均值。

三、战略任务和重点

实现制造强国的战略目标，必须坚持问题导向，统筹谋划，突出重点；必须凝聚全社会共识，加快制造业转型升级，全面提高发展质量和核心竞争力。

（一）提高国家制造业创新能力

完善以企业为主体、市场为导向、政产学研用相结合的制造业创新体系。围绕产业链部署创新链，围绕创新链配置资源链，加强关键核心技术攻关，加速科技成果产业化，提高关键环节和重点领域的创新能力。

加强关键核心技术研发。强化企业技术创新主体地位，支持企业提升创新能力，推进国家技术创新示范企业和企业技术中心建设，充分吸纳企业参与国家科技计划的决策和实施。瞄准国家重大战略需求和未来产业发展制高点，定期研究制定发布制造业重点领域技术创新路线图。继续抓紧实施国家科技重大专项，通过国家科技计划（专项、基金等）支持关键核心技术研发。发挥行业骨干企业的主导作用和高等院校、科研院所的基础作用，建立一批产业创新联盟，开展政产学研用协同创新，攻克一批对产业竞争力整体提升具有全局性影响、带动性强的关键共性技术，加快成果转化。

提高创新设计能力。在传统制造业、战略性新兴产业、现代服务业等重点领域开展创新设计示范，全面推广应用以绿色、智能、协同为特征的先进设计技术。加强设计领域共性关键技术研发，攻克信息化设计、过程集成设计、复杂过程和系统设计等共性技术，开发一批具有自主知识产权的关键设计工具软件，建设完善创新设计生态系统。建设若干具有世界影响力的创新设计集群，培育一批专业化、开放型的工业设计企业，鼓励代工企业建立研究设计中心，向代设计和出口自主品牌产品转变。发展各类创新设计教育，设立国家工业设计奖，激发全社会创新设计的积极性和主动性。

推进科技成果产业化。完善科技成果转化运行机制，研究制定促进科技成果转化和产业化的指导意见，建立完善科技成果信息发布和共享平台，健全以技术交易市场为核心的技术转移和产业化服务体系。完善科技成果转化激励机制，推动事业单位科技成果使用、处置和收益管理改革，健全科技成果科学评估和市场定价机制。完善科技成果转化协同推进机制，引导政产学研用按照市场规律和创新规律加强合作，鼓励企业和社会资本建立一批从事技术集成、熟化和工程化的中试基地。加快国防科技成果转化和产业化进程，推进军民技术双向转移转化。

完善国家制造业创新体系。加强顶层设计，加快建立以创新中心为核心载体、

以公共服务平台和工程数据中心为重要支撑的制造业创新网络，建立市场化的创新方向选择机制和鼓励创新的风险分担、利益共享机制。充分利用现有科技资源，围绕制造业重大共性需求，采取政府与社会合作、政产学研用产业创新战略联盟等新机制新模式，形成一批制造业创新中心（工业技术研究基地），开展关键共性重大技术研究和产业化应用示范。建设一批促进制造业协同创新的公共服务平台，规范服务标准，开展技术研发、检验检测、技术评价、技术交易、质量认证、人才培训等专业化服务，促进科技成果转化和推广应用。建设重点领域制造业工程数据中心，为企业提供创新知识和工程数据的开放共享服务。面向制造业关键共性技术，建设一批重大科学研究和实验设施，提高核心企业系统集成能力，促进向价值链高端延伸。

专栏 1　制造业创新中心（工业技术研究基地）建设工程

围绕重点行业转型升级和新一代信息技术、智能制造、增材制造、新材料、生物医药等领域创新发展的重大共性需求，形成一批制造业创新中心（工业技术研究基地），重点开展行业基础和共性关键技术研发、成果产业化、人才培训等工作。制定完善制造业创新中心遴选、考核、管理的标准和程序。

到 2020 年，重点形成 15 家左右制造业创新中心（工业技术研究基地），力争到 2025 年形成 40 家左右制造业创新中心（工业技术研究基地）。

加强标准体系建设。改革标准体系和标准化管理体制，组织实施制造业标准化提升计划，在智能制造等重点领域开展综合标准化工作。发挥企业在标准制定中的重要作用，支持组建重点领域标准推进联盟，建设标准创新研究基地，协同推进产品研发与标准制定。制定满足市场和创新需要的团体标准，建立企业产品和服务标准自我声明公开和监督制度。鼓励和支持企业、科研院所、行业组织等参与国际标准制定，加快我国标准国际化进程。大力推动国防装备采用先进的民用标准，推动军用技术标准向民用领域的转化和应用。做好标准的宣传贯彻，大力推动标准实施。

强化知识产权运用。加强制造业重点领域关键核心技术知识产权储备，构建产业化导向的专利组合和战略布局。鼓励和支持企业运用知识产权参与市场竞争，培育一批具备知识产权综合实力的优势企业，支持组建知识产权联盟，推动市场主体开展知识产权协同运用。稳妥推进国防知识产权解密和市场化应用。建立健

全知识产权评议机制，鼓励和支持行业骨干企业与专业机构在重点领域合作开展专利评估、收购、运营、风险预警与应对。构建知识产权综合运用公共服务平台。鼓励开展跨国知识产权许可。研究制定降低中小企业知识产权申请、保护及维权成本的政策措施。

（二）推进信息化与工业化深度融合

加快推动新一代信息技术与制造技术融合发展，把智能制造作为两化深度融合的主攻方向；着力发展智能装备和智能产品，推进生产过程智能化，培育新型生产方式，全面提升企业研发、生产、管理和服务的智能化水平。

研究制定智能制造发展战略。编制智能制造发展规划，明确发展目标、重点任务和重大布局。加快制定智能制造技术标准，建立完善智能制造和两化融合管理标准体系。强化应用牵引，建立智能制造产业联盟，协同推动智能装备和产品研发、系统集成创新与产业化。促进工业互联网、云计算、大数据在企业研发设计、生产制造、经营管理、销售服务等全流程和全产业链的综合集成应用。加强智能制造工业控制系统网络安全保障能力建设，健全综合保障体系。

加快发展智能制造装备和产品。组织研发具有深度感知、智慧决策、自动执行功能的高档数控机床、工业机器人、增材制造装备等智能制造装备以及智能化生产线，突破新型传感器、智能测量仪表、工业控制系统、伺服电机及驱动器和减速器等智能核心装置，推进工程化和产业化。加快机械、航空、船舶、汽车、轻工、纺织、食品、电子等行业生产设备的智能化改造，提高精准制造、敏捷制造能力。统筹布局和推动智能交通工具、智能工程机械、服务机器人、智能家电、智能照明电器、可穿戴设备等产品研发和产业化。

推进制造过程智能化。在重点领域试点建设智能工厂／数字化车间，加快人机智能交互、工业机器人、智能物流管理、增材制造等技术和装备在生产过程中的应用，促进制造工艺的仿真优化、数字化控制、状态信息实时监测和自适应控制。加快产品全生命周期管理、客户关系管理、供应链管理系统的推广应用，促进集团管控、设计与制造、产供销一体、业务和财务衔接等关键环节集成，实现智能管控。加快民用爆炸物品、危险化学品、食品、印染、稀土、农药等重点行业智能检测监管体系建设，提高智能化水平。

深化互联网在制造领域的应用。制定互联网与制造业融合发展的路线图，明确发展方向、目标和路径。发展基于互联网的个性化定制、众包设计、云制造等新型制造模式，推动形成基于消费需求动态感知的研发、制造和产业组织方式。

建立优势互补、合作共赢的开放型产业生态体系。加快开展物联网技术研发和应用示范，培育智能监测、远程诊断管理、全产业链追溯等工业互联网新应用。实施工业云及工业大数据创新应用试点，建设一批高质量的工业云服务和工业大数据平台，推动软件与服务、设计与制造资源、关键技术与标准的开放共享。

加强互联网基础设施建设。加强工业互联网基础设施建设规划与布局，建设低时延、高可靠、广覆盖的工业互联网。加快制造业集聚区光纤网、移动通信网和无线局域网的部署和建设，实现信息网络宽带升级，提高企业宽带接入能力。针对信息物理系统网络研发及应用需求，组织开发智能控制系统、工业应用软件、故障诊断软件和相关工具、传感和通信系统协议，实现人、设备与产品的实时联通、精确识别、有效交互与智能控制。

专栏 2　智能制造工程

紧密围绕重点制造领域关键环节，开展新一代信息技术与制造装备融合的集成创新和工程应用。支持政产学研用联合攻关，开发智能产品和自主可控的智能装置并实现产业化。依托优势企业，紧扣关键工序智能化、关键岗位机器人替代、生产过程智能优化控制、供应链优化，建设重点领域智能工厂 / 数字化车间。在基础条件好、需求迫切的重点地区、行业和企业中，分类实施流程制造、离散制造、智能装备和产品、新业态新模式、智能化管理、智能化服务等试点示范及应用推广。建立智能制造标准体系和信息安全保障系统，搭建智能制造网络系统平台。

到 2020 年，制造业重点领域智能化水平显著提升，试点示范项目运营成本降低 30%，产品生产周期缩短 30%，不良品率降低 30%。到 2025 年，制造业重点领域全面实现智能化，试点示范项目运营成本降低 50%，产品生产周期缩短 50%，不良品率降低 50%。

（三）强化工业基础能力

核心基础零部件（元器件）、先进基础工艺、关键基础材料和产业技术基础（以下统称“四基”）等工业基础能力薄弱，是制约我国制造业创新发展和质量提升的症结所在。要坚持问题导向、产需结合、协同创新、重点突破的原则，着力破解制约重点产业发展的瓶颈。

统筹推进“四基”发展。制定工业强基实施方案，明确重点方向、主要目标和实施路径。制定工业“四基”发展指导目录，发布工业强基发展报告，组织实

施工业强基工程。统筹军民两方面资源，开展军民两用技术联合攻关，支持军民技术相互有效利用，促进基础领域融合发展。强化基础领域标准、计量体系建设，加快实施对标达标，提升基础产品的质量、可靠性和寿命。建立多部门协调推进机制，引导各类要素向基础领域集聚。

加强“四基”创新能力建设。强化前瞻性基础研究，着力解决影响核心基础零部件（元器件）产品性能和稳定性的关键共性技术。建立基础工艺创新体系，利用现有资源建立关键共性基础工艺研究机构，开展先进成型、加工等关键制造工艺联合攻关；支持企业开展工艺创新，培养工艺专业人才。加大基础专用材料研发力度，提高专用材料自给保障能力和制备技术水平。建立国家工业基础数据库，加强企业试验检测数据和计量数据的采集、管理、应用和积累。加大对“四基”领域技术研发的支持力度，引导产业投资基金和创业投资基金投向“四基”领域重点项目。

推动整机企业和“四基”企业协同发展。注重需求侧激励，产用结合，协同攻关。依托国家科技计划（专项、基金等）和相关工程等，在数控机床、轨道交通装备、航空航天、发电设备等重点领域，引导整机企业和“四基”企业、高校、科研院所产需对接，建立产业联盟，形成协同创新、产用结合、以市场促基础产业发展的新模式，提升重大装备自主可控水平。开展工业强基示范应用，完善首台（套）、首批次政策，支持核心基础零部件（元器件）、先进基础工艺、关键基础材料推广应用。

专栏 3　工业强基工程

开展示范应用，建立奖励和风险补偿机制，支持核心基础零部件（元器件）、先进基础工艺、关键基础材料的首批次或跨领域应用。组织重点突破，针对重大工程和重点装备的关键技术和产品急需，支持优势企业开展政产学研用联合攻关，突破关键基础材料、核心基础零部件的工程化、产业化瓶颈。强化平台支撑，布局和组建一批"四基"研究中心，创建一批公共服务平台，完善重点产业技术基础体系。

到 2020 年，40% 的核心基础零部件、关键基础材料实现自主保障，受制于人的局面逐步缓解，航天装备、通信装备、发电与输变电设备、工程机械、轨道交通装备、家用电器等产业急需的核心基础零部件（元器件）和关键基础材料的先进制造工艺得到推广应用。到 2025 年，70% 的核心基础零部件、关键基础材

料实现自主保障，80 种标志性先进工艺得到推广应用，部分达到国际领先水平，建成较为完善的产业技术基础服务体系，逐步形成整机牵引和基础支撑协调互动的产业创新发展格局。

（四）加强质量品牌建设

提升质量控制技术，完善质量管理机制，夯实质量发展基础，优化质量发展环境，努力实现制造业质量大幅提升。鼓励企业追求卓越品质，形成具有自主知识产权的名牌产品，不断提升企业品牌价值和中国制造整体形象。

推广先进质量管理技术和方法。建设重点产品标准符合性认定平台，推动重点产品技术、安全标准全面达到国际先进水平。开展质量标杆和领先企业示范活动，普及卓越绩效、六西格玛、精益生产、质量诊断、质量持续改进等先进生产管理模式和方法。支持企业提高质量在线监测、在线控制和产品全生命周期质量追溯能力。组织开展重点行业工艺优化行动，提升关键工艺过程控制水平。开展质量管理小组、现场改进等群众性质量管理活动示范推广。加强中小企业质量管理，开展质量安全培训、诊断和辅导活动。

加快提升产品质量。实施工业产品质量提升行动计划，针对汽车、高档数控机床、轨道交通装备、大型成套技术装备、工程机械、特种设备、关键原材料、基础零部件、电子元器件等重点行业，组织攻克一批长期困扰产品质量提升的关键共性质量技术，加强可靠性设计、试验与验证技术开发应用，推广采用先进成型和加工方法、在线检测装置、智能化生产和物流系统及检测设备等，使重点实物产品的性能稳定性、质量可靠性、环境适应性、使用寿命等指标达到国际同类产品先进水平。在食品、药品、婴童用品、家电等领域实施覆盖产品全生命周期的质量管理、质量自我声明和质量追溯制度，保障重点消费品质量安全。大力提高国防装备质量可靠性，增强国防装备实战能力。

完善质量监管体系。健全产品质量标准体系、政策规划体系和质量管理法律法规。加强关系民生和安全等重点领域的行业准入与市场退出管理。建立消费品生产经营企业产品事故强制报告制度，健全质量信用信息收集和发布制度，强化企业质量主体责任。将质量违法违规记录作为企业诚信评级的重要内容，建立质量黑名单制度，加大对质量违法和假冒品牌行为的打击和惩处力度。建立区域和行业质量安全预警制度，防范化解产品质量安全风险。严格实施产品“三包”、产品召回等制度。强化监管检查和责任追究，切实保护消费者权益。

夯实质量发展基础。制定和实施与国际先进水平接轨的制造业质量、安全、

卫生、环保及节能标准。加强计量科技基础及前沿技术研究，建立一批制造业发展急需的高准确度、高稳定性计量基标准，提升与制造业相关的国家量传溯源能力。加强国家产业计量测试中心建设，构建国家计量科技创新体系。完善检验检测技术保障体系，建设一批高水平的工业产品质量控制和技术评价实验室、产品质量监督检验中心，鼓励建立专业检测技术联盟。完善认证认可管理模式，提高强制性产品认证的有效性，推动自愿性产品认证健康发展，提升管理体系认证水平，稳步推进国际互认。支持行业组织发布自律规范或公约，开展质量信誉承诺活动。

推进制造业品牌建设。引导企业制定品牌管理体系，围绕研发创新、生产制造、质量管理和营销服务全过程，提升内在素质，夯实品牌发展基础。扶持一批品牌培育和运营专业服务机构，开展品牌管理咨询、市场推广等服务。健全集体商标、证明商标注册管理制度。打造一批特色鲜明、竞争力强、市场信誉好的产业集群区域品牌。建设品牌文化，引导企业增强以质量和信誉为核心的品牌意识，树立品牌消费理念，提升品牌附加值和软实力。加速我国品牌价值评价国际化进程，充分发挥各类媒体作用，加大中国品牌宣传推广力度，树立中国制造品牌良好形象。

（五）全面推行绿色制造

加大先进节能环保技术、工艺和装备的研发力度，加快制造业绿色改造升级；积极推行低碳化、循环化和集约化，提高制造业资源利用效率；强化产品全生命周期绿色管理，努力构建高效、清洁、低碳、循环的绿色制造体系。

加快制造业绿色改造升级。全面推进钢铁、有色、化工、建材、轻工、印染等传统制造业绿色改造，大力研发推广余热余压回收、水循环利用、重金属污染减量化、有毒有害原料替代、废渣资源化、脱硫脱硝除尘等绿色工艺技术装备，加快应用清洁高效铸造、锻压、焊接、表面处理、切削等加工工艺，实现绿色生产。加强绿色产品研发应用，推广轻量化、低功耗、易回收等技术工艺，持续提升电机、锅炉、内燃机及电器等终端用能产品能效水平，加快淘汰落后机电产品和技术。积极引领新兴产业高起点绿色发展，大幅降低电子信息产品生产、使用能耗及限用物质含量，建设绿色数据中心和绿色基站，大力促进新材料、新能源、高端装备、生物产业绿色低碳发展。

推进资源高效循环利用。支持企业强化技术创新和管理，增强绿色精益制造能力，大幅降低能耗、物耗和水耗水平。持续提高绿色低碳能源使用比率，开展

工业园区和企业分布式绿色智能微电网建设，控制和削减化石能源消费量。全面推行循环生产方式，促进企业、园区、行业间链接共生、原料互供、资源共享。推进资源再生利用产业规范化、规模化发展，强化技术装备支撑，提高大宗工业固体废弃物、废旧金属、废弃电器电子产品等综合利用水平。大力发展再制造产业，实施高端再制造、智能再制造、在役再制造，推进产品认定，促进再制造产业持续健康发展。

积极构建绿色制造体系。支持企业开发绿色产品，推行生态设计，显著提升产品节能环保低碳水平，引导绿色生产和绿色消费。建设绿色工厂，实现厂房集约化、原料无害化、生产洁净化、废物资源化、能源低碳化。发展绿色园区，推进工业园区产业耦合，实现近零排放。打造绿色供应链，加快建立以资源节约、环境友好为导向的采购、生产、营销、回收及物流体系，落实生产者责任延伸制度。壮大绿色企业，支持企业实施绿色战略、绿色标准、绿色管理和绿色生产。强化绿色监管，健全节能环保法规、标准体系，加强节能环保监察，推行企业社会责任报告制度，开展绿色评价。

专栏 4　绿色制造工程

组织实施传统制造业能效提升、清洁生产、节水治污、循环利用等专项技术改造。开展重大节能环保、资源综合利用、再制造、低碳技术产业化示范。实施重点区域、流域、行业清洁生产水平提升计划，扎实推进大气、水、土壤污染源头防治专项。制定绿色产品、绿色工厂、绿色园区、绿色企业标准体系，开展绿色评价。

到 2020 年，建成千家绿色示范工厂和百家绿色示范园区，部分重化工行业能源资源消耗出现拐点，重点行业主要污染物排放强度下降 20%。到 2025 年，制造业绿色发展和主要产品单耗达到世界先进水平，绿色制造体系基本建立。

（六）大力推动重点领域突破发展

瞄准新一代信息技术、高端装备、新材料、生物医药等战略重点，引导社会各类资源集聚，推动优势和战略产业快速发展。

1. 新一代信息技术产业

集成电路及专用装备。着力提升集成电路设计水平，不断丰富知识产权（IP）和设计工具，突破关系国家信息与网络安全及电子整机产业发展的核心通用芯片，

提升国产芯片的应用适配能力。掌握高密度封装及三维（3D）微组装技术，提升封装产业和测试的自主发展能力。形成关键制造装备供货能力。

信息通信设备。掌握新型计算、高速互联、先进存储、体系化安全保障等核心技术，全面突破第五代移动通信（5G）技术、核心路由交换技术、超高速大容量智能光传输技术、“未来网络”核心技术和体系架构，积极推动量子计算、神经网络等发展。研发高端服务器、大容量存储、新型路由交换、新型智能终端、新一代基站、网络安全等设备，推动核心信息通信设备体系化发展与规模化应用。

操作系统及工业软件。开发安全领域操作系统等工业基础软件。突破智能设计与仿真及其工具、制造物联与服务、工业大数据处理等高端工业软件核心技术，开发自主可控的高端工业平台软件和重点领域应用软件，建立完善工业软件集成标准与安全测评体系。推进自主工业软件体系化发展和产业化应用。

2. 高档数控机床和机器人

高档数控机床。开发一批精密、高速、高效、柔性数控机床与基础制造装备及集成制造系统。加快高档数控机床、增材制造等前沿技术和装备的研发。以提升可靠性、精度保持性为重点，开发高档数控系统、伺服电机、轴承、光栅等主要功能部件及关键应用软件，加快实现产业化。加强用户工艺验证能力建设。

机器人。围绕汽车、机械、电子、危险品制造、国防军工、化工、轻工等工业机器人、特种机器人，以及医疗健康、家庭服务、教育娱乐等服务机器人应用需求，积极研发新产品，促进机器人标准化、模块化发展，扩大市场应用。突破机器人本体、减速器、伺服电机、控制器、传感器与驱动器等关键零部件及系统集成设计制造等技术瓶颈。

3. 航空航天装备

航空装备。加快大型飞机研制，适时启动宽体客机研制，鼓励国际合作研制重型直升机；推进干支线飞机、直升机、无人机和通用飞机产业化。突破高推重比、先进涡桨（轴）发动机及大涵道比涡扇发动机技术，建立发动机自主发展工业体系。开发先进机载设备及系统，形成自主完整的航空产业链。

航天装备。发展新一代运载火箭、重型运载器，提升进入空间能力。加快推进国家民用空间基础设施建设，发展新型卫星等空间平台与有效载荷、空天地宽带互联网系统，形成长期持续稳定的卫星遥感、通信、导航等空间信息服务能力。推动载人航天、月球探测工程，适度发展深空探测。推进航天技术转化与空间技术应用。

4. 海洋工程装备及高技术船舶

大力发展深海探测、资源开发利用、海上作业保障装备及其关键系统和专用设备。推动深海空间站、大型浮式结构物的开发和工程化。形成海洋工程装备综合试验、检测与鉴定能力，提高海洋开发利用水平。突破豪华邮轮设计建造技术，全面提升液化天然气船等高技术船舶国际竞争力，掌握重点配套设备集成化、智能化、模块化设计制造核心技术。

5. 先进轨道交通装备

加快新材料、新技术和新工艺的应用，重点突破体系化安全保障、节能环保、数字化智能化网络化技术，研制先进可靠适用的产品和轻量化、模块化、谱系化产品。研发新一代绿色智能、高速重载轨道交通装备系统，围绕系统全寿命周期，向用户提供整体解决方案，建立世界领先的现代轨道交通产业体系。

6. 节能与新能源汽车

继续支持电动汽车、燃料电池汽车发展，掌握汽车低碳化、信息化、智能化核心技术，提升动力电池、驱动电机、高效内燃机、先进变速器、轻量化材料、智能控制等核心技术的工程化和产业化能力，形成从关键零部件到整车的完整工业体系和创新体系，推动自主品牌节能与新能源汽车同国际先进水平接轨。

7. 电力装备

推动大型高效超净排放煤电机组产业化和示范应用，进一步提高超大容量水电机组、核电机组、重型燃气轮机制造水平。推进新能源和可再生能源装备、先进储能装置、智能电网用输变电及用户端设备发展。突破大功率电力电子器件、高温超导材料等关键元器件和材料的制造及应用技术，形成产业化能力。

8. 农机装备

重点发展粮、棉、油、糖等大宗粮食和战略性经济作物育、耕、种、管、收、运、贮等主要生产过程使用的先进农机装备，加快发展大型拖拉机及其复式作业机具、大型高效联合收割机等高端农业装备及关键核心零部件。提高农机装备信息收集、智能决策和精准作业能力，推进形成面向农业生产的信息化整体解决方案。

9. 新材料

以特种金属功能材料、高性能结构材料、功能性高分子材料、特种无机非金属材料和先进复合材料为发展重点，加快研发先进熔炼、凝固成型、气相沉积、型材加工、高效合成等新材料制备关键技术和装备，加强基础研究和体系建设，

突破产业化制备瓶颈。积极发展军民共用特种新材料，加快技术双向转移转化，促进新材料产业军民融合发展。高度关注颠覆性新材料对传统材料的影响，做好超导材料、纳米材料、石墨烯、生物基材料等战略前沿材料提前布局和研制。加快基础材料升级换代。

10. 生物医药及高性能医疗器械

发展针对重大疾病的化学药、中药、生物技术药物新产品，重点包括新机制和新靶点化学药、抗体药物、抗体偶联药物、全新结构蛋白及多肽药物、新型疫苗、临床优势突出的创新中药及个性化治疗药物。提高医疗器械的创新能力和产业化水平，重点发展影像设备、医用机器人等高性能诊疗设备，全降解血管支架等高值医用耗材，可穿戴、远程诊疗等移动医疗产品。实现生物 3D 打印、诱导多能干细胞等新技术的突破和应用。

专栏 5　高端装备创新工程

组织实施大型飞机、航空发动机及燃气轮机、民用航天、智能绿色列车、节能与新能源汽车、海洋工程装备及高技术船舶、智能电网成套装备、高档数控机床、核电装备、高端诊疗设备等一批创新和产业化专项、重大工程。开发一批标志性、带动性强的重点产品和重大装备，提升自主设计水平和系统集成能力，突破共性关键技术与工程化、产业化瓶颈，组织开展应用试点和示范，提高创新发展能力和国际竞争力，抢占竞争制高点。

到 2020 年，上述领域实现自主研制及应用。到 2025 年，自主知识产权高端装备市场占有率大幅提升，核心技术对外依存度明显下降，基础配套能力显著增强，重要领域装备达到国际领先水平。

（七）深入推进制造业结构调整

推动传统产业向中高端迈进，逐步化解过剩产能，促进大企业与中小企业协调发展，进一步优化制造业布局。

持续推进企业技术改造。明确支持战略性重大项目和高端装备实施技术改造的政策方向，稳定中央技术改造引导资金规模，通过贴息等方式，建立支持企业技术改造的长效机制。推动技术改造相关立法，强化激励约束机制，完善促进企业技术改造的政策体系。支持重点行业、高端产品、关键环节进行技术改造，引导企业采用先进适用技术，优化产品结构，全面提升设计、制造、工艺、管理水

平，促进钢铁、石化、工程机械、轻工、纺织等产业向价值链高端发展。研究制定重点产业技术改造投资指南和重点项目导向计划，吸引社会资金参与，优化工业投资结构。围绕两化融合、节能降耗、质量提升、安全生产等传统领域改造，推广应用新技术、新工艺、新装备、新材料，提高企业生产技术水平和效益。

稳步化解产能过剩矛盾。加强和改善宏观调控，按照“消化一批、转移一批、整合一批、淘汰一批”的原则，分业分类施策，有效化解产能过剩矛盾。加强行业规范和准入管理，推动企业提升技术装备水平，优化存量产能。加强对产能严重过剩行业的动态监测分析，建立完善预警机制，引导企业主动退出过剩行业。切实发挥市场机制作用，综合运用法律、经济、技术及必要的行政手段，加快淘汰落后产能。

促进大中小企业协调发展。强化企业市场主体地位，支持企业间战略合作和跨行业、跨区域兼并重组，提高规模化、集约化经营水平，培育一批核心竞争力强的企业集团。激发中小企业创业创新活力，发展一批主营业务突出、竞争力强、成长性好、专注于细分市场的专业化“小巨人”企业。发挥中外中小企业合作园区示范作用，利用双边、多边中小企业合作机制，支持中小企业走出去和引进来。引导大企业与中小企业通过专业分工、服务外包、订单生产等多种方式，建立协同创新、合作共赢的协作关系。推动建设一批高水平的中小企业集群。

优化制造业发展布局。落实国家区域发展总体战略和主体功能区规划，综合考虑资源能源、环境容量、市场空间等因素，制定和实施重点行业布局规划，调整优化重大生产力布局。完善产业转移指导目录，建设国家产业转移信息服务平台，创建一批承接产业转移示范园区，引导产业合理有序转移，推动东中西部制造业协调发展。积极推动京津冀和长江经济带产业协同发展。按照新型工业化的要求，改造提升现有制造业集聚区，推动产业集聚向产业集群转型升级。建设一批特色和优势突出、产业链协同高效、核心竞争力强、公共服务体系健全的新型工业化示范基地。

（八）积极发展服务型制造和生产性服务业

加快制造与服务的协同发展，推动商业模式创新和业态创新，促进生产型制造向服务型制造转变。大力发展与制造业紧密相关的生产性服务业，推动服务功能区和服务平台建设。

推动发展服务型制造。研究制定促进服务型制造发展的指导意见，实施服务型制造行动计划。开展试点示范，引导和支持制造业企业延伸服务链条，从主要

提供产品制造向提供产品和服务转变。鼓励制造业企业增加服务环节投入，发展个性化定制服务、全生命周期管理、网络精准营销和在线支持服务等。支持有条件的企业由提供设备向提供系统集成总承包服务转变，由提供产品向提供整体解决方案转变。鼓励优势制造业企业“裂变”专业优势，通过业务流程再造，面向行业提供社会化、专业化服务。支持符合条件的制造业企业建立企业财务公司、金融租赁公司等金融机构，推广大型制造设备、生产线等融资租赁服务。

加快生产性服务业发展。大力发展面向制造业的信息技术服务，提高重点行业信息应用系统的方案设计、开发、综合集成能力。鼓励互联网等企业发展移动电子商务、在线定制、线上到线下等创新模式，积极发展对产品、市场的动态监控和预测预警等业务，实现与制造业企业的无缝对接，创新业务协作流程和价值创造模式。加快发展研发设计、技术转移、创业孵化、知识产权、科技咨询等科技服务业，发展壮大第三方物流、节能环保、检验检测认证、电子商务、服务外包、融资租赁、人力资源服务、售后服务、品牌建设等生产性服务业，提高对制造业转型升级的支撑能力。

强化服务功能区和公共服务平台建设。建设和提升生产性服务业功能区，重点发展研发设计、信息、物流、商务、金融等现代服务业，增强辐射能力。依托制造业集聚区，建设一批生产性服务业公共服务平台。鼓励东部地区企业加快制造业服务化转型，建立生产服务基地。支持中西部地区发展具有特色和竞争力的生产性服务业，加快产业转移承接地服务配套设施和能力建设，实现制造业和服务业协同发展。

（九）提高制造业国际化发展水平

统筹利用两种资源、两个市场，实行更加积极的开放战略，将引进来与走出去更好结合，拓展新的开放领域和空间，提升国际合作的水平和层次，推动重点产业国际化布局，引导企业提高国际竞争力。

提高利用外资与国际合作水平。进一步放开一般制造业，优化开放结构，提高开放水平。引导外资投向新一代信息技术、高端装备、新材料、生物医药等高端制造领域，鼓励境外企业和科研机构在我国设立全球研发机构。支持符合条件的企业在境外发行股票、债券，鼓励与境外企业开展多种形式的技术合作。

提升跨国经营能力和国际竞争力。支持发展一批跨国公司，通过全球资源利用、业务流程再造、产业链整合、资本市场运作等方式，加快提升核心竞争力。支持企业在境外开展并购和股权投资、创业投资，建立研发中心、实验基地和全

球营销及服务体系；依托互联网开展网络协同设计、精准营销、增值服务创新、媒体品牌推广等，建立全球产业链体系，提高国际化经营能力和服务水平。鼓励优势企业加快发展国际总承包、总集成。引导企业融入当地文化，增强社会责任意识，加强投资和经营风险管理，提高企业境外本土化能力。

深化产业国际合作，加快企业走出去。加强顶层设计，制定制造业走出去发展总体战略，建立完善统筹协调机制。积极参与和推动国际产业合作，贯彻落实丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路等重大战略部署，加快推进与周边国家互联互通基础设施建设，深化产业合作。发挥沿边开放优势，在有条件的国家和地区建设一批境外制造业合作园区。坚持政府推动、企业主导，创新商业模式，鼓励高端装备、先进技术、优势产能向境外转移。加强政策引导，推动产业合作由加工制造环节为主向合作研发、联合设计、市场营销、品牌培育等高端环节延伸，提高国际合作水平。创新加工贸易模式，延长加工贸易国内增值链条，推动加工贸易转型升级。

四、战略支撑与保障

建设制造强国，必须发挥制度优势，动员各方面力量，进一步深化改革，完善政策措施，建立灵活高效的实施机制，营造良好环境；必须培育创新文化和中国特色制造文化，推动制造业由大变强。

（一）深化体制机制改革

全面推进依法行政，加快转变政府职能，创新政府管理方式，加强制造业发展战略、规划、政策、标准等制定和实施，强化行业自律和公共服务能力建设，提高产业治理水平。简政放权，深化行政审批制度改革，规范审批事项，简化程序，明确时限；适时修订政府核准的投资项目目录，落实企业投资主体地位。完善政产学研用协同创新机制，改革技术创新管理体制机制和项目经费分配、成果评价和转化机制，促进科技成果资本化、产业化，激发制造业创新活力。加快生产要素价格市场化改革，完善主要由市场决定价格的机制，合理配置公共资源；推行节能量、碳排放权、排污权、水权交易制度改革，加快资源税从价计征，推动环境保护费改税。深化国有企业改革，完善公司治理结构，有序发展混合所有制经济，进一步破除各种形式的行业垄断，取消对非公有制经济的不合理限制。稳步推进国防科技工业改革，推动军民融合深度发展。健全产业安全审查机制和法规体系，加强关系国民经济命脉和国家安全的制造业重要领域投融资、并购重组、招标采购等方面的安全审查。

（二）营造公平竞争市场环境

深化市场准入制度改革，实施负面清单管理，加强事中事后监管，全面清理和废止不利于全国统一市场建设的政策措施。实施科学规范的行业准入制度，制定和完善制造业节能节地节水、环保、技术、安全等准入标准，加强对国家强制性标准实施的监督检查，统一执法，以市场化手段引导企业进行结构调整和转型升级。切实加强监管，打击制售假冒伪劣行为，严厉惩处市场垄断和不正当竞争行为，为企业创造良好生产经营环境。加快发展技术市场，健全知识产权创造、运用、管理、保护机制。完善淘汰落后产能工作涉及的职工安置、债务清偿、企业转产等政策措施，健全市场退出机制。进一步减轻企业负担，实施涉企收费清单制度，建立全国涉企收费项目库，取缔各种不合理收费和摊派，加强监督检查和问责。推进制造业企业信用体系建设，建设中国制造信用数据库，建立健全企业信用动态评价、守信激励和失信惩戒机制。强化企业社会责任建设，推行企业产品标准、质量、安全自我声明和监督制度。

（三）完善金融扶持政策

深化金融领域改革，拓宽制造业融资渠道，降低融资成本。积极发挥政策性金融、开发性金融和商业金融的优势，加大对新一代信息技术、高端装备、新材料等重点领域的支持力度。支持中国进出口银行在业务范围内加大对制造业走出去的服务力度，鼓励国家开发银行增加对制造业企业的贷款投放，引导金融机构创新符合制造业企业特点的产品和业务。健全多层次资本市场，推动区域性股权市场规范发展，支持符合条件的制造业企业在境内外上市融资、发行各类债务融资工具。引导风险投资、私募股权投资等支持制造业企业创新发展。鼓励符合条件的制造业贷款和租赁资产开展证券化试点。支持重点领域大型制造业企业集团开展产融结合试点，通过融资租赁方式促进制造业转型升级。探索开发适合制造业发展的保险产品和服务，鼓励发展贷款保证保险和信用保险业务。在风险可控和商业可持续的前提下，通过内保外贷、外汇及人民币贷款、债权融资、股权融资等方式，加大对制造业企业在境外开展资源勘探开发、设立研发中心和高技术企业以及收购兼并等的支持力度。

（四）加大财税政策支持力度

充分利用现有渠道，加强财政资金对制造业的支持，重点投向智能制造、“四基”发展、高端装备等制造业转型升级的关键领域，为制造业发展创造良好政策环境。运用政府和社会资本合作（PPP）模式，引导社会资本参与制造业重大项

目建设、企业技术改造和关键基础设施建设。创新财政资金支持方式，逐步从“补建设”向“补运营”转变，提高财政资金使用效益。深化科技计划（专项、基金等）管理改革，支持制造业重点领域科技研发和示范应用，促进制造业技术创新、转型升级和结构布局调整。完善和落实支持创新的政府采购政策，推动制造业创新产品的研发和规模化应用。落实和完善使用首台（套）重大技术装备等鼓励政策，健全研制、使用单位在产品创新、增值服务和示范应用等环节的激励约束机制。实施有利于制造业转型升级的税收政策，推进增值税改革，完善企业研发费用计核方法，切实减轻制造业企业税收负担。

（五）健全多层次人才培养体系

加强制造业人才发展统筹规划和分类指导，组织实施制造业人才培养计划，加大专业技术人才、经营管理人才和技能人才的培养力度，完善从研发、转化、生产到管理的人才培养体系。以提高现代经营管理水平和企业竞争力为核心，实施企业经营管理人才素质提升工程和国家中小企业银河培训工程，培养造就一批优秀企业家和高水平经营管理人才。以高层次、急需紧缺专业技术人才和创新型人才为重点，实施专业技术人才知识更新工程和先进制造卓越工程师培养计划，在高等学校建设一批工程创新训练中心，打造高素质专业技术人才队伍。强化职业教育和技能培训，引导一批普通本科高等学校向应用技术类高等学校转型，建立一批实训基地，开展现代学徒制试点示范，形成一支门类齐全、技艺精湛的技术技能人才队伍。鼓励企业与学校合作，培养制造业急需的科研人员、技术技能人才与复合型人才，深化相关领域工程博士、硕士专业学位研究生招生和培养模式改革，积极推进产学研结合。加强产业人才需求预测，完善各类人才信息库，构建产业人才水平评价制度和信息发布平台。建立人才激励机制，加大对优秀人才的表彰和奖励力度。建立完善制造业人才服务机构，健全人才流动和使用的体制机制。采取多种形式选拔各类优秀人才重点是专业技术人才到国外学习培训，探索建立国际培训基地。加大制造业引智力度，引进领军人才和紧缺人才。

（六）完善中小微企业政策

落实和完善支持小微企业发展的财税优惠政策，优化中小企业发展专项资金使用重点和方式。发挥财政资金杠杆撬动作用，吸引社会资本，加快设立国家中小企业发展基金。支持符合条件的民营资本依法设立中小型银行等金融机构，鼓励商业银行加大小微企业金融服务专营机构建设力度，建立完善小微企业融资担保体系，创新产品和服务。加快构建中小微企业征信体系，积极发展面向小微企

业的融资租赁、知识产权质押贷款、信用保险保单质押贷款等。建设完善中小企业创业基地，引导各类创业投资基金投资小微企业。鼓励大学、科研院所、工程中心等对中小企业开放共享各种实（试）验设施。加强中小微企业综合服务体系建设，完善中小微企业公共服务平台网络，建立信息互联互通机制，为中小微企业提供创业、创新、融资、咨询、培训、人才等专业化服务。

（七）进一步扩大制造业对外开放

深化外商投资管理体制改革，建立外商投资准入前国民待遇加负面清单管理机制，落实备案为主、核准为辅的管理模式，营造稳定、透明、可预期的营商环境。全面深化外汇管理、海关监管、检验检疫管理改革，提高贸易投资便利化水平。进一步放宽市场准入，修订钢铁、化工、船舶等产业政策，支持制造业企业通过委托开发、专利授权、众包众创等方式引进先进技术和高端人才，推动利用外资由重点引进技术、资金、设备向合资合作开发、对外并购及引进领军人才转变。加强对外投资立法，强化制造业企业走出去法律保障，规范企业境外经营行为，维护企业合法权益。探索利用产业基金、国有资本收益等渠道支持高铁、电力装备、汽车、工程施工等装备和优势产能走出去，实施海外投资并购。加快制造业走出去支撑服务机构建设和水平提升，建立制造业对外投资公共服务平台和出口产品技术性贸易服务平台，完善应对贸易摩擦和境外投资重大事项预警协调机制。

（八）健全组织实施机制

成立国家制造强国建设领导小组，由国务院领导同志担任组长，成员由国务院相关部门和单位负责同志担任。领导小组主要职责是：统筹协调制造强国建设全局性工作，审议重大规划、重大政策、重大工程专项、重大问题和重要工作安排，加强战略谋划，指导部门、地方开展工作。领导小组办公室设在工业和信息化部，承担领导小组日常工作。设立制造强国建设战略咨询委员会，研究制造业发展的前瞻性、战略性重大问题，对制造业重大决策提供咨询评估。支持包括社会智库、企业智库在内的多层次、多领域、多形态的中国特色新型智库建设，为制造强国建设提供强大智力支持。建立《中国制造 2025》任务落实情况督促检查和第三方评价机制，完善统计监测、绩效评估、动态调整和监督考核机制。建立《中国制造 2025》中期评估机制，适时对目标任务进行必要调整。

各地区、各部门要充分认识建设制造强国的重大意义，加强组织领导，健全工作机制，强化部门协同和上下联动。各地区要结合当地实际，研究制定具体实施方案，细化政策措施，确保各项任务落实到位。工业和信息化部要会同相关部门加强跟踪分析和督促指导，重大事项及时向国务院报告。

附录 E　工业强基工程实施指南（2016—2020 年）

为贯彻落实《中国制造 2025》，组织实施好工业强基工程，夯实工业基础，提升工业发展的质量和效益，推进制造强国建设，特制订本指南。

一、背景

工业基础主要包括核心基础零部件（元器件）、关键基础材料、先进基础工艺和产业技术基础（简称“四基”），直接决定着产品的性能和质量，是工业整体素质和核心竞争力的根本体现，是制造强国建设的重要基础和支撑条件。

经过多年发展，我国工业总体实力迈上新台阶，已经成为具有重要影响力的工业大国，形成了门类较为齐全、能够满足整机和系统一般需求的工业基础体系。但是，核心基础零部件（元器件）、关键基础材料严重依赖进口，产品质量和可靠性难以满足需要；先进基础工艺应用程度不高，共性技术缺失；产业技术基础体系不完善，试验验证、计量检测、信息服务等能力薄弱。工业基础能力不强，严重影响主机、成套设备和整机产品的性能质量和品牌信誉，制约我国工业创新发展和转型升级，已成为制造强国建设的瓶颈。未来 5—10 年，提升工业基础能力，夯实工业发展基础迫在眉睫。

工业强基是《中国制造 2025》的核心任务，决定制造强国战略的成败，是一项长期性、战略性、复杂性的系统工程，必须加强顶层设计，制定推进计划，明确重点任务，完善政策措施，整合各方资源，组织推动全社会齐心协力，抓紧抓实，长期坚持，务求抓出实效。

二、总体要求

（一）基本原则

落实制造强国建设战略部署，围绕《中国制造 2025》十大重点领域高端突破和传统产业转型升级重大需求，坚持“问题导向、重点突破、产需结合、协同

创新”，以企业为主体，应用为牵引，创新为动力，质量为核心，聚焦五大任务，开展重点领域“一揽子”突破行动，实施重点产品“一条龙”应用计划，建设一批产业技术基础平台，培育一批专精特新“小巨人”企业，推动“四基”领域军民融合发展，着力构建市场化的“四基”发展推进机制，为建设制造强国奠定坚实基础。

——坚持问题导向。围绕重点工程和重大装备产业链瓶颈，从问题出发，分析和研究工业“四基”的薄弱环节，针对共性领域和突出问题分类施策。

——坚持重点突破。依托重点工程、重大项目和骨干企业，区分轻重缓急，点线面结合，有序推进，集中资源突破一批需求迫切、基础条件好、带动作用强的基础产品和技术。

——坚持产需结合。瞄准整机和系统的发展趋势，加强需求侧激励，推动基础与整机企业系统紧密结合，推动基础发展与产业应用良性互动。

——坚持协同创新。统筹各类创新资源，促进整机系统企业、基础配套企业、科研机构等各方面人才、资本、信息、技术的有效融合，产品开发全过程对接、全流程参与，探索科技与产业协调、成果和应用互动的新模式。

（二）主要目标

经过 5—10 年的努力，部分核心基础零部件（元器件）、关键基础材料达到国际领先，产业技术基础体系较为完备，“四基”发展基本满足整机和系统的需求，形成整机牵引与基础支撑协调发展的产业格局，夯实制造强国建设基础。

到 2020 年，工业基础能力明显提升，初步建立与工业发展相协调、技术起点高的工业基础体系。40% 的核心基础零部件（元器件）、关键基础材料实现自主保障，先进基础工艺推广应用率达到 50%，产业技术基础体系初步建立，基本满足高端装备制造和国家重大工程的需要。具体目标是：

——质量水平显著提高。基础零部件（元器件）、基础材料的可靠性、一致性和稳定性显著提升，产品使用寿命整体水平明显提高。

——关键环节实现突破。推动 80 种左右标志性核心基础零部件（元器件）、70 种左右标志性关键基础材料、20 项左右标志性先进基础工艺实现工程化、产业化突破。先进轨道交通装备、信息通信设备、高档数控机床和机器人、电力装

备领域的“四基”问题率先解决。

——支撑能力明显增强。建设40个左右高水平的试验检测类服务平台，20个左右信息服务类服务平台，服务重点行业创新发展。

——产业结构优化升级。培育100家左右年销售收入超过10亿元、具有国际竞争力的“小巨人”企业，形成10个左右具有国际竞争力、年销售收入超过300亿的基础产业集聚区。

三、重点任务

（一）推进重点领域突破发展

围绕《中国制造2025》十大重点领域高端发展以及传统产业转型升级，加强统筹规划，利用各类资源，分领域分阶段分渠道解决重点工程和重大装备的“四基”发展亟需。发挥工业强基专项资金的引导作用，突出重点，创新管理，梳理装备和系统需求，分析产业现状，遴选170种左右标志性核心基础零部件（元器件）、关键基础材料和先进基础工艺组织开展工程化、产业化突破。按照小规模、专业化、精细化的原则组织生产专用核心基础零部件（元器件）和关键基础材料，重点解决终端用户的迫切需求。按照大批量、标准化、模块化的原则组织生产通用核心基础零部件（元器件）和关键基础材料，推广先进基础工艺，重点提升产品可靠性和稳定性。组织实施“一揽子”突破行动，集中成体系解决十大重点领域标志性基础产品和技术，完善机制、搭建平台，引导材料、零部件研发生产企业、工艺和技术研发机构等有机结合，协同开展核心技术攻关，促进科技创新成果的工程化、产业化，解决高端装备和重大工程发展瓶颈。

专栏1　十大领域四基“一揽子”突破行动

（一）新一代信息技术产业“一揽子”突破行动。突破嵌入式CPU、支持DDR4、3DNANDflash的存储器、智能终端核心芯片、量子器件、FPGA及动态重构芯片等核心元器件。突破8英寸/12英寸集成电路硅片，显示材料、光刻胶、光掩膜材料、高端靶材、集成电路制造材料和封装材料等关键基础材料。突破集成电路16/14nm FinFET制造工艺、CPU专用工艺、存储器超精密工艺等先进基础工艺。

突破操作系统、数据库、中间件、工业软件等关键基础软件。

（二）高档数控机床和机器人“一揽子”突破行动。突破高档智能型、开放型数控系统、数控机床主轴、丝杠、导轨、大型精密高速数控机床轴承、机器人专用摆线针轮减速器和谐波减速器及轴承、智能活塞压力计、高速高性能机器人伺服控制器和伺服驱动器、高精度机器人专用伺服电机和传感器、变频智能电动执行器等核心基础零部件。开发具有系列原创技术的钛合金、高强合金钢、滚珠丝杠用钢、高温合金、高强铝合金等关键基础材料。推广高性能大型关键金属构件高效增材制造工艺、精密及超精密加工（切削、磨削、研磨、抛光）工艺等先进基础工艺。

（三）航空航天装备“一揽子”突破行动。突破显示组件、惯性器件、大功率电力器件、航空传感器、智能蒙皮微机电系统、紧固件和轴承、SoC/SiP 器件、微机电系统等核心基础零部件（元器件）。开发高强高韧轻质结构材料、高温结构材料、结构功能一体化材料、高性能碳纤维材料、PBO 纤维及其复合材料、高性能 Rusar 纤维及其复合材料、耐高低温和高耐候性氟硅橡胶材料、耐 650℃以上高温钛合金材料、拉伸强度超过 1 400MPa 的高强钛合金材料、高性能高导热镁合金材料、飞机蒙皮和机翼用铝合金材料、高温合金单晶母合金、标准件用高温合金等关键基础材料。推广热加工工艺与精密高效快速成形技术、复合材料构件制造工艺、增材制造用高性能金属粉末制备工艺等先进基础工艺。

（四）海洋工程及高技术船舶“一揽子”突破行动。突破齿轮、密封件、高压共轨燃油喷射系统、智能化电控系统、深水作业和机械手等核心基础零部件。开发高性能海工钢、特种焊接材料、双相不锈钢、高性能耐蚀铜合金、低温材料、降低船体摩擦阻力涂料等关键基础材料。推广高可靠、高精度激光焊接工艺等先进基础工艺。

（五）轨道交通装备“一揽子”突破行动。突破车轴、车轮、轴承、齿轮传动系统、列车制动系统、轨道交通用超级电容、功率半导体器件、车钩缓冲装置、空气弹簧、抗侧滚扭杆等核心基础零部件。开发高强度大尺寸中空铝合金型材、绝缘材料、高性能齿轮渗碳钢、新型高分子材料等关键基础材料。推广金属型压力铸造技术、无模化铸造成型技术、双频感应热处理技术等先进基

础工艺。

（六）节能与新能源汽车“一揽子”突破行动。突破电控喷油系统、动力总成电子控制、驱动电机、电机电子控制系统、动力电池系统及电堆、机电耦合装置、自动变速器等核心基础零部件。开发轻量化车身复合材料、轻合金材料、动力电池电极和基体、电机用硅钢和永磁材料、特种橡胶、高强度钢、低摩擦材料、高端弹簧钢、超高强汽车板等关键基础材料。推广轻量化材料成形制造工艺、汽车件近净成形制造工艺等先进基础工艺。

（七）电力装备“一揽子”突破行动。突破重型燃气轮机高温部件、大型核电压力容器、蒸汽发生器、高温变送器、核级变送器、变频智能电动执行器、冷却剂主泵、煤粉泵、固体泵、堆内构件，大型核电汽轮机焊接（整锻）转子、2 000 毫米等级末级长叶片、德士古汽化炉专用热电偶、自补偿式智能固态软起动装置、无功补偿装置、大型半速汽轮发电机转子、可变速水泵水轮机转轮、大型水轮机转轮模压叶片、大容量发电机保护断路器等核心基础零部件。突破重型燃机关键高温材料、叶轮用高强韧不锈钢等关键基础材料。推广重型燃机高温合金熔模铸造及定向和单晶铸造工艺、超大型铸锻件制造工艺及焊接和热处理工艺、典型高温零部件结构设计与制造工艺、高压开关灭弧室核心部件 3D 打印一次成型等先进基础工艺。

（八）农业装备“一揽子”突破行动。突破转向驱动桥及电液悬挂系统、农业机械专用传感器、导航与智能化控制作业装置等核心基础零部件。

（九）新材料“一揽子”突破行动。突破新一代功能复合化建筑用钢、高品质模具钢、圆珠笔头用高端材料、特种工程塑料、高端聚氨酯树脂、高性能轻合金材料、高性能纤维及单体、生物基材料、功能纺织新材料、高性能分离膜材料、宽禁带半导体材料、特种陶瓷和人工晶体、稀土功能材料、3D 打印用材料、可再生组织的生物医用材料、高温超导材料、特高压用绝缘材料、智能仿生与超材料和石墨烯材料。

（十）生物医药及高性能医疗器械“一揽子”突破行动。突破 8MHU 以上大热容量 X 射线管、新型 X 射线光子探测器、超声诊断单晶探头、2 000 阵元以上面阵探头、微型高频超声探头（血管或内窥镜检测），MRI 用 64 通道以上多通

道谱仪、CT 探测器、PET 探测器（基于硅光电倍增管）、超精密级医疗机械轴承等核心基础零部件。开发可降解血管支架材料、透析材料、医用级高分子材料、植入电极、3T 以上高场强超导磁体、临床检验质控用标准物质等关键基础材料。突破抗体药物大规模工业化生产技术，开发重组蛋白药物新型治疗性疫苗和细胞免疫治疗嵌合体抗原受体 CAR-T 细胞技术等制剂，推广具有生物活性的 3D 打印人工血管工艺。

以上包括核心基础零部件（元器件）80 种左右、关键基础材料 70 种左右、先进基础工艺 20 项左右。

（二）开展重点产品示范应用

应用是提升基础产品质量和可靠性，促进“四基”发展的关键。以需求为牵引，针对重点基础产品、工艺提出包括关键技术研发、产品设计、专用材料开发、先进工艺开发应用、公共试验平台建设、批量生产、示范推广的“一条龙”应用计划，促进整机（系统）和基础技术互动发展，协同研制计量标准，建立上中下游互融共生、分工合作、利益共享的一体化组织新模式，推进产业链协作。鼓励整机和系统开发初期制定基础需求计划，吸收基础企业参与；鼓励基础企业围绕整机和系统需求，不断开发和完善产品和技术。鼓励整机和系统企业不断提高基础产品质量、培育品牌，满足市场需求。提升先进基础工艺的普及率，提升生产技术和管理水平，促进高端化、智能化、绿色化、服务化转型。

专栏 2　实施重点产品、工艺“一条龙”应用计划

（一）传感器“一条龙”应用计划。立足光敏、磁敏、气敏、力敏四类主要传感器制造工艺提升，与主机用户协同，开发针对数控机床和机器人的全系列配套传感器及系统；构建模拟现场的试验环境；建设适合多品种小批量传感器生产的柔性数字化车间；通过批量应用和工厂实际环境考验，优化产品设计与工艺，大幅度提高产品可靠性和稳定性；提升电子信息和通信领域传感器技术水平，在轨道交通、机械、医疗器械、文物保护等领域推广使用。

（二）控制器“一条龙”应用计划。立足现有可编程控制器（PLC）与机器人控制器产品的基础，与系统集成和主机用户协同，开发针对离散制造自动化生

产线和多关节机器人的控制器产品以及相应的控制软件模块；构建模拟实际应用的可靠性试验环境；推进制造过程的数字化；通过批量使用，不断改进硬件设计和软件功能，提高产品可靠性和稳定性。

（三）控制系统“一条龙”应用计划。立足现有分散型控制系统（DCS）和地铁交通综合监控系统的基础，开发石油、石油化工、高铁等领域高安全要求的安全控制系统；创建安全系统的试验环境，取得国际功能安全的认证，建设高质量要求的生产线，从试点应用到逐步推广。

（四）高精密减速器“一条龙”应用计划。突破非标摆线曲线修正设计、材料极限稳定、整机性能测试、非标角接触球轴承设计研制、高精度工装夹具研制、专用机床研制或通用机床专机化改造、高精密装配等核心技术和产品。在保证批量生产RV减速机产品性能一致性和可靠性的前提下，严格控制生产成本。

（五）伺服电机“一条龙”应用计划。发挥稀土永磁技术和产业优势，开发伺服电机，改造升级数控化、智能化伺服电机生产线，提高产品性能及可靠性；加快推广伺服电机在机器人、数控机床、注塑机中的应用；带动电机智能制造设备及新材料等相关产业发展。

（六）发动机电喷系统“一条龙”应用计划。推广高压共轨系统（共轨喷油器、共轨泵、共轨管及ECU）应用。建立完善在线检测与试验的数字化装备体系，积累关键制造环节测量数据；系统研究质量评价标准和规范，与主机用户协同，构建质量评价与监控体系；加大装机应用量，通过检测数据的积累与分析，优化制造工艺和产品设计，建立保证性能稳定性和质量一致性的制造体系；推进批量生产所需高档数控设备、智能装配系统的研发与应用。

（七）轻量化材料精密成形技术“一条龙”应用计划。针对节能和新能源汽车及先进轨道交通等高端装备轻量化需求，采用铝合金、镁合金、钛合金及超高强度钢，高性能尼龙、纤维复合材料，高性能聚酰胺等轻量化材料，推广铝及镁合金精密成形铸造工艺、塑性成形工艺及连接工艺、超高强度钢精密塑性成形工艺等，实现既“控形”又“控性”的“双控”目标。

（八）高速动车组轴承及地铁车辆轴承“一条龙”应用计划。组织钢铁行业、轴承行业和铁路、地铁部门协同创新，进行工业性试验，装车运行考核，组建示

范性生产线，提升批量化生产能力。同时，带动整个轴承行业实现高端突破，由国际轴承产业链的中低端迈向中高端。

（九）IGBT 器件“一条龙”应用计划。集合国际研发资源，发挥国内 8 英寸 600 ～ 6500V IGBT 芯片生产线优势，开发系列化 IGBT 器件及组件产品；推广 IGBT 在铁路机车与城市轨道交通中的应用，从应用端快速获取反馈信息进行产品改良；推动 IGBT 器件及功率组件在风电、太阳能发电、工业传动、通用高压变频器和电力市场等领域的应用。

（十）超大型构件先进成形、焊接及加工制造工艺“一条龙”应用计划。针对核电等能源装备及海洋工程和船舶装备等对超大型构件先进制造工艺的需求，推广超大型构件铸造工艺、锻造工艺、焊接工艺及加工工艺、超大型构件精密焊接工艺等。

（十一）超低损耗通信光纤预制棒及光纤“一条龙”应用计划。推广超低衰减光纤的制造技术，包括超低衰减光纤关键原材料制备及质量控制技术、超低衰减光纤剖面设计与精确控制技术、光纤精密拉丝退火技术、光纤全套性能分析测试评估技术、超低衰减光缆制备技术，实现批量化稳定生产，在下一代超高速率、超大容量、超长距离通信光传输网络中推广使用。

（十二）工程机械高压油泵、多路阀、马达“一条龙”应用计划。立足高端高压柱塞泵型液压马达、液压泵、整体式多路阀的数字设计技术、材料、铸造技术、加工工艺技术、试验技术和检测标准等，实现工程机械急需的高端液压元件稳定批量生产及在主机上的大批量配套。

（十三）航空发动机和燃气轮机耐高温叶片“一条龙”应用计划。立足世界先进的精密铸造工艺技术，实现航空发动机、燃气轮机以及民用航天等领域的旋转叶轮式热力发动机热部件批量化生产，加快推广应用；有效地推动耐高温陶瓷材料、高温合金材料等应用以及机械加工、特种工艺焊接、等离子喷涂和电火花精确打孔等上下游工业领域的长足发展；促进精密铸造行业的高精尖生产制造设备的开发和应用。

（十四）高性能难熔难加工合金大型复杂构件增材制造（3D 打印）“一条龙”应用计划。突破产学研用结合，推广钛合金、高强度合金钢、难熔金属等高性能难加工合金大型复杂构件高效增材制造（3D 打印）工艺以及系列化工程化成套

装备、质量和性能控制及工程化应用技术，实现“工艺－装备－材料－质量－标准”整套成果在大型飞机、航空发动机、燃气轮机、船舶、重型轨道交通、核电等重大装备研制和生产中的应用示范及工程化推广。

（十五）石墨烯“一条龙”应用计划。立足石墨烯材料独特性能，针对国家重大工程和战略性新兴产业发展需要，引导生产、应用企业和终端用户跨行业联合，协同研制并演示验证功能齐备、可靠性好、性价比优的各类石墨烯应用产品。

（十六）存储器“一条龙”应用计划。积极拓展服务器、台式计算机、笔记本电脑、平板电脑及手机等终端应用中 CPU 和存储器有效保障水平，逐步形成较完整的上下游产业链和具有竞争力的价值链，提升整机产品的安全可控能力、信息安全的保障能力和存储器产业竞争实力。

（三）完善产业技术基础体系

针对新一代信息技术、高端装备制造、新材料、生物医药等重点领域和行业发展需求，围绕可靠性试验验证、计量检测、标准制修订、认证认可、产业信息、知识产权等技术基础支撑能力，依托现有第三方服务机构，创建一批产业技术基础公共服务平台，建立完善产业技术基础服务体系。根据产业发展需要，持续不断对实验验证环境、仪器设备进行改造升级，形成与重点产业和技术发展相适应的支撑能力。注重发挥云计算、大数据等新技术和互联网的作用，鼓励企业和工业园区（集聚区）依托高等学校和科研院所建设工业大数据平台，构建国家工业基础数据库，推进重点产业技术资源整合配置和开放协同。鼓励在工业园区（集聚区）率先建立第三方产业技术基础公共服务平台，提升工业集聚集约发展水平。

专栏 3　建设一批产业技术基础公共服务平台

（一）产业质量技术基础服务平台。围绕《中国制造 2025》十大重点领域建设 40 个公共服务平台。开展产品可靠性、稳定性、一致性、安全性和环境适应性等关键问题研究；开展计量基准及量值传递、标准制修订、符合性验证、检验检测、认证认可等质量技术基础研究；研究制定试验检测方法；加强计量基标

准建设，完善提升量值传递体系；研制相关设备，提供相关服务。

（二）信息服务类服务平台。研究先进的信息采集工具，构建专题信息库和知识产权资源数据库，建设 20 个公共服务平台，提供政策研究、产业运行分析与预测、信息查询、知识产权分析评估和综合运用等服务，向政府、行业、社会推送产业信息。

（三）工业大数据平台。支持在工业园区（集聚区）建设工业大数据平台，实现对产品生产、流通、使用、运维以及园区企业发展等情况的动态监测、预报预警，提高生产管理、服务和决策水平。

（四）培育一批专精特新“小巨人”企业

通过实施十大重点领域“一揽子”突破行动及重点产品“一条龙”应用计划，持续培育一批专注于核心基础零部件（元器件）、关键基础材料和先进基础工艺等细分领域的企业。完善市场机制和政策环境，健全协作配套体系，支持“双创”平台建设，鼓励具有持续创新能力、长期专注基础领域发展的企业做强做优。优化企业结构，逐步形成一批支撑整机和系统企业发展的基础领域专精特新中小企业。鼓励基础企业集聚发展，围绕核心基础零部件（元器件）、关键基础材料和先进基础工艺，优化资源和要素配置，形成紧密有机的产业链，依托国家新型工业化产业示范基地，培育和建设一批特色鲜明、具备国际竞争优势的基础企业集聚区，建设一批先进适用技术开发和推广应用服务中心。

专栏 4　培育一批专精特新“小巨人”企业和优势产业集聚区

（一）培育百强专精特新“小巨人”企业。通过基础产品和技术的开发和产业化，形成 100 家左右核心基础零部件（元器件）、关键基础材料、先进基础工艺的“专精特新”企业。该类企业应具备以下条件：（1）掌握本领域的核心技术，拥有不少于 10 项发明专利；（2）具有先进的企业技术中心和优秀的创新团队；（3）主导产品性能和质量处于世界先进水平；（4）主导产品国内市场占有率 20% 左右，居于全国前两位；（5）年销售收入不低于 10 亿元。

（二）打造十家产业集聚区。围绕重点基础产品和技术，依托国家新型工业化产业示范基地，打造 10 家左右创新能力强、品牌形象优、配套条件好、具有

国际竞争力、年销售收入超过300亿元的“四基”产业集聚区。针对集聚区企业生产过程改进提升的共性需求，建设一批技术服务中心，提供先进适用技术、产品的开发、应用及系统解决方案，有效提高工业生产效率和质量水平。

（五）推进“四基”军民融合发展

调动军民各方面资源，梳理武器装备发展对“四基”需求，联合攻关，破解核心基础零部件（元器件）、关键基础材料、先进基础工艺、产业技术基础体系等制约瓶颈。建设军民融合公共服务体系，支持军民技术相互转化利用，加快军民融合产业发展。充分发挥军工技术、设备和人才优势，引导先进军工技术向民用领域转移转化；梳理民口优势领域和能力，跟踪具有潜在军用前景的民用技术发展动态，促进先进成熟民用“四基”技术和产品进入武器装备科研生产。推进军民资源共享，在确保安全的前提下，鼓励工业基础领域国防科技重点实验室与国家重点实验室、军工重大试验设备设施与国家重大科技基础设备设施相互开放、共建共享。推动国防装备采用先进的民用标准，推动军用技术标准向民用领域的转化和应用。

专栏5　实施“四基”军民融合发展联合行动专项

（一）军民共性基础和前沿技术联合攻关。围绕“四基”领域军民通用重点产品的现实需求和长远发展，聚焦3～4英寸碳化硅单晶、光刻胶、浆料、锂电材料等电子材料，高性能真空电子器件、大功率激光器、红外焦平面、MEMS器件等元器件，突破相关基础理论、前沿技术和关键技术。重点开展电子用高纯化合物、高性能碳纤维、高温合金/钛合金回炉料、高纯陶瓷粉体等低成本工程化制备技术研究。构建材料基因组工程数据库。围绕军工科研生产中长期依赖进口、受制于人的高端元器件和测试仪器、科研生产软件等，加大攻关力度，推进军工能力自主化。推动军民共性基础技术转移转化和关键技术工程化应用，培育“四基”领域百家军民融合典型单位。加强军民两用计量测试技术攻关及计量基标准建设。

（二）重点领域军民两用标准联合制定。国家和军队有关部门协同配合，建立军民通用标准建设的协同机制，推进军民标准通用化；通过军用标准转化、民

用标准采用、军民标准整合和军民通用标准制定，完成集成电路、卫星导航等领域150项军民通用标准制修订及发布工作；探索开展其他领域军民通用标准的建设、民用标准采用等工作。

（三）引导“四基”领域军民资源共享。编制发布年度军用技术成果转民用推广目录，向全社会发布不少于100项成果，推动先进军用技术成果向民用领域转移转化，促进工业转型升级。编制发布民参军技术与产品推荐目录，向军工单位和军队推荐不少于100项技术成果，促进民用先进适用技术与产品参与国防建设。鼓励工业基础领域国家重点实验室与国防科技重点实验室，国家重大科技基础设施与军工重大设备设施、民用设备设施相互开放共享。建立军工重大试验设施分批分类发布机制，推动100余项军工重大设备设施面向社会提供服务。

四、组织实施

（一）目录引导

支持咨询机构组织行业协会、科研院所、重点企业等单位编制印发《工业“四基”发展目录》，根据实际适时调整，引导社会资金资源投向。以目录为依托，细化年度工作目标和工作重点。引导各地区协同推进发展目录的落实，根据本地区产业基础，在进行充分市场分析的前提下，确立“四基”发展重点和目标，分阶段、分步骤稳步推进。发挥中国工业强基信息网的平台作用，组织信息对接。

（二）协同推进

健全工作机制。组织各部门、行业协会、科研院所等建立工业强基工程实施统筹协调机制，明确职责分工，加强部门联动。充分发挥工业强基工程专家咨询组作用，研讨“四基”发展重点和推进机制，为重点行业和重点企业发展提供咨询建议。鼓励地方加强组织考核，制定工作方案，围绕重点领域开展需求对接。

实施示范项目。围绕实施方案，突出年度重点，创新工业强基示范项目组织模式，采用公开招标、竞争性评审等遴选方式确定示范项目。创新资金支持方式，分类施策，采用后补助（奖励）、贷款贴息、股权投资等多种方式，提高资金使用效益。通过示范项目实施，带动基础产品和技术实现高端突破，培育“四基”企业持续发展能力。

引导社会参与。鼓励研发实力较强的企业联合高校、科研院所成立技术研发联盟，集中资源对涉及多个应用领域的共性技术进行协同攻关。加强宣传引导，通过总结典型经验、宣传示范应用案例、组织现场会等方式，利用各种媒体不断加大宣传力度，鼓励民营企业广泛参与，推进“四基”领域大众创业、万众创新，营造重视基础、积极参与的氛围。

（三）考核评估

细化年度工作重点和推进计划，加强事中事后监管，建立年度、中期等动态评价体系，根据评价结果对重点任务和实施目标进行动态调整。完善示范项目考核办法，建立项目全周期管理流程，将项目考核评价情况和后续支持相挂钩，促进承担单位如期完成任务和目标。

五、保障措施

（一）优化“四基”产业发展环境

完善工业基础领域标准体系，加快标准制定，推进采用社会团体标准，强化标准试验验证，加强产业链上下游标准协同，推动重点标准国际化。开展“四基”领域知识产权布局，建立产业链知识产权联合保护、风险分担、开放共享与协同运用机制。加强国家量传溯源体系建设，提升国际承认的国家最高校准测量能力。规范检验检测等专业化服务机构的市场准入，提高第三方服务的社会化程度，构建公正、科学、严格的第三方检验检测和认证体系，并加强监督。加大对创新产品的采购力度，完善由国家出资或支持的重大工程招标采购办法，运用政府采购首购、订购政策积极支持基础产品发展。建立“四基”产品和技术应用示范企业。营造基础领域国有企业与民营企业公平竞争的市场环境，鼓励更多民营企业进入基础领域。

（二）加大财政持续支持力度

利用现有资金渠道，积极支持“四基”产业发展。研究通过保险补偿机制支持核心基础零部件（元器件）、关键基础材料首批次或跨领域应用推广。充分发挥国家中小企业发展基金的引导作用，带动地方政府、创投机构及其他社会资金支持种子期、初创期、成长期的“四基”中小企业加快发展。对涉及科技研发相关内容，如确需中央财政支持的，应通过优化整合后的中央财政科技计划（专项、

基金等）统筹考虑予以支持。

（三）落实税收政策

切实落实基础产品研究开发费用税前加计扣除、增值税进项税额抵扣等税收政策。适时调整《重大技术装备和产品进口关键零部件、原材料商品清单》，取消国内已能生产的关键零部件及原材料进口税收优惠政策。

（四）拓宽“四基”企业融资渠道

促进信贷政策与产业政策协调配合，加强政府、企业与金融机构的信息共享，引导银行信贷、创业投资、资本市场等在风险可控、商业可持续原则下加大对“四基”企业的支持。对于主要提供《工业“四基”发展目录》中产品或服务的“四基”企业，在进入全国中小企业股份转让系统挂牌时“即报即审”，并减免挂牌初费和年费，在首发上市时优先审核。积极支持主要提供《工业“四基”发展目录》中产品或服务的“四基”企业在银行间债券市场发行非金融企业债务融资工具，在沪深证券交易所、全国中小企业股份转让系统、机构间报价系统和证券公司柜台市场发行公司债券（含中小企业私募债），进一步扩大融资规模。

（五）加强技术技能人才队伍建设

面向工业强基发展需求，探索推广职业院校、技工院校和企业联合招生、联合培养、一体化育人的人才培养模式，加强职业院校、技工院校工业基础相关专业建设，提高职业培训能力，着力培养“大国工匠”。设立卓越工程师引才计划，支持企业引进一批工业“四基”重点发展领域急需的顶尖高技能人才。健全高技能人才评价体系，完善职业资格证书制度。加强对企业职工培训教育经费使用的监督。

附录 F　工业“四基”发展目录

前　言

工业基础是支撑和推动制造业发展的支撑条件，是我国制造业赖以生存发展的基石，是制造业核心竞争力的根本体现，是我国制造强国建设的决胜制高点。随着制造业的发展，我国工业基础能力取得了一定成就，关键技术突破能力增强，具有自主创新能力的骨干企业稳步成长，产业技术基础体系逐步建立，基本满足整机和系统的一般性需求。但是，与发达国家相比，我国工业基础能力薄弱问题依然严峻，尤其是经济发展进入新常态以后，核心基础零部件（元器件）、关键基础材料、先进基础工艺和产业技术基础（简称：四基）严重依赖进口，产品质量和可靠性差，创新体系缺失，制约制造业由大到强的瓶颈更为凸显。因此，未来 5—10 年，强化工业基础能力，夯实制造业基础，则实现制造强国根深本固。

国务院牵头编制并于 2015 年 5 月 8 日正式发布了《中国制造 2025》，对强化工业基础能力做出战略部署，提出实施工业强基工程，明确到 2025 年，70% 的核心基础零部件、关键基础材料实现自主保障，80 种标志性先进基础工艺得到推广应用，部分达到国际领先水平，建成较为完善的产业技术基础服务体系，逐步形成整机牵引和基础支撑协调互动的产业创新发展格局。

2016 年 8 月 19 日，工业和信息化部、发展改革委、科技部、财政部联合印发《工业强基工程实施指南》，围绕《中国制造 2025》十大重点领域，开展重点领域“一揽子突破行动”，实施重点产品“一条龙”应用计划，建设一批产业技术基础平台，培育一批专精特新“小巨人”企业，推动“四基”领域军民融合发展。

为营造从国家到企业全社会重视工业基础的氛围，引导企业从事工业基础领域，鼓励社会资本参与工业基础领域发展，发挥金融体系支持工业基础能力的作用，国家制造强国建设战略咨询委员会特组织编制了核心基础零部件（元器件）、关键基础材料、先进基础工艺、产业技术基础的发展目录，汇总成册，称为《“四基”发展目录》。

发展目录的编制始于 2015 年 3 月启动，动员了 40 多位院士、200 多位专家

和相关企业高层管理人员参加，广泛征集了行业协会、学会、企业、科研院所的意见，并将征求意见稿抄送工信部、发展改革委、科技部、财政部、质检总局、工程院、国防科工局。“四基”发展目录几易其稿，逐步完善，并根据工业强基战略研究项目院士专家的意见又作了修改完善，现以国家制造强国建设战略咨询委员会名义正式予以发布。

《“四基”发展目录》是参与编制工作的院士和专家们集体智慧的结晶，是我国工业基础发展的核心，具有十分重要的战略价值。《“四基”发展目录》的发布，可以引导各地区根据本地区产业基础现状，在进行充分市场分析前提下，确立发展重点和方向；引导广大企业和科研院所在结合审慎考虑自身条件和特点的基础上，确定发展方向和目标；引导金融机构、信用担保行业和保险行业等充分利用多种金融手段，支持从事研发、生产和使用《“四基”发展目录》中所列产品和技术的企业，引导社会资本向工业基础领域逐步聚集。

考虑到重点领域发展和产品技术迭代，《“四基”发展目录》将每两年滚动修订一次，希望为社会各界提供与时俱进的参考和指引。

感谢参与编制工作全体同志的努力和贡献！感谢各级政府及产业界、学术界同仁们给予的鼎力支持！期望本《“四基”发展目录》的发布，能为《中国制造2025》的实施和工业基础领域的突破发展发挥重要作用。

国家制造强国建设战略咨询委员会

2016 年 11 月 18 日

工业“四基”发展目录（2016 年版）

一、新一代信息技术领域

（一）核心基础零部件（元器件）

1. 嵌入式 CPU
2. 支持 DDR4 的存储器
3. 手机应用处理器
4. HK 金属栅
5. 鳍式场效应晶体管
6. 量子器件

7. FPGA 及动态重构芯片
8. 高速光接口器件
9. ＞10GE 的高速交换芯片
10. 高集成度，低功耗基带 SOC 芯片
11. 低成本、低功耗、小尺寸、精度满足 1pps 的时钟芯片
12. 高性能滤波器
13. 毫米波雷达、激光雷达、摄像头等核心传感器
14. 大带宽和射频采样 ADC
15. 大带宽和射频输出 DAC
16. 大容量高性能基带处理芯片
17. 高频段低相噪低杂散频综
18. 计量检测标准芯片
19. 高性能、大带宽基带处理 SOC 芯片
20. 支持 6.4Tbps 的全双工核心交换芯片
21. 基于 16nmCMOS 工艺的高速数字信号处理芯片
22. 高速（10Gb/s）大容量（100G/400G）的光电子器件
23. 单 SerDes28Gbps 及以上超高速背板
24. 超大容量信元交叉芯片
25. 超大容量 FIC 芯片
26. 大功率电源模块
27. 高速率网络处理器芯片
28. 高速数字信号处理芯片
29. 高密度 PONMAC 芯片
30. 低能耗快速读取 eID 电子芯片
31. 长距离 RFID 读写芯片
32. 光互连模块
33. 光背板
34. TFT-LCD、OLED 显示器件
35. 新能源汽车专用高压直流继电器
36. 56Gbps 高速背板连接器
37. 高铁用薄膜电容器

38. 基于 400G 带宽（干线网）的超低损耗光纤
39. 高性能流媒体处理器
40. 高性能射频 DPD 芯片
41. 高性能基站射频模块及组件
42. 智能存储关键模块
43. 智能传感节点模块
44. 智能硬件处理控制模块
45. 智能光通信模块
46. 多模星地一体接收模块
47. 办公信息系统关键部件
48. MEMS 喷墨头关键部件

（二）关键基础材料

1.8 英寸 /12 英寸集成电路硅片
2. 先进半导体材料
3. 新型显示材料
4. 光刻胶
5. 光掩膜材料
6. 集成电路制造材料
7. 集成电路封装材料
8. GaN
9. 高导热轻型金属材料
10. 高性能柔性导热材料
11. 高性能介质材料
12. 低损耗高频介质板材和高速板材
13. 基于 500G 容量的 OTN 帧处理器及复用映射芯片
14. 硅光材料
15. TunableLD
16. 抗盐雾纤维材料
17. 高性能射频人工材料
18. 非易失存储材料
19. 光模块材料

20. 高性能 PCB 材料
21. 陶瓷基板、覆铜板等电子封装材料
22. 新一代光纤材料
23. 高性能磁性材料
24. SiC
25. 区熔硅单晶
26. 封装 DBC 基板用高纯铜箔
27. 微波组件封装材料
28. 吸气材料

（三）先进基础工艺

1. 28 ～ 14nm 集成电路先进制造工艺
2. CPU 专用工艺
3. 存储器超精密工艺与模具技术
4. 16 ～ 14nm 集成电路制造工艺
5. 毫米波硅基三维集成工艺

（四）产业技术基础

1. 传感器创新平台
2. 集成电路工艺和材料共性技术创新平台
3. 新型显示关键基础技术研发及验证公共平台
4. 新型显示共性技术创新平台
5. 智能硬件共性关键技术创新平台
6. 北斗地面辅助系统平台
7. 基于宽带移动互联网的智能汽车和智慧交通应用公共服务平台
8. 数字化普及型医疗设备公共服务平台
9. 服务器系统安全技术与检测验证公共服务平台
10. 开放式机器人基础技术服务平台
11. 集成电路产业计量检测创新服务平台
12. 集成电路制造装备、材料一体化应用验证平台

二、高档数控机床和机器人领域

（一）核心基础零部件（元器件）

1. 高档智能型、开放型数控系统

2. 大型精密高速数控机床轴承
3. 机器人专用摆线针轮减速器和谐波减速器
4. 高速高性能机器人控制器和伺服驱动器
5. 高精度机器人专用伺服电机和传感器
6. 激光线阵检测元件
7. 高速贴装头
8. 喂料装置
9. 工业相机、镜头、光源
10. 真空吸嘴
11. 真空发生器
12. 数控高精度大扭矩回转工作台
13. IGBT 电源
14. 多功能多模式送料单元
15. 六自由度调姿柔性装备
16. 多自由度精密转台
17. 高效隔热屏
18. 滑枕和摆角头一体化功能单元
19. 蒙皮钻铆多功能末端执行器
20. 高压液压泵
21. 高频响伺服阀
22. 大行程伺服液压缸
23. 分布式高速总线控制器
24. 结构应力应变测量传感器
25. 结构损伤检测传感器
26. 多孔多直径送粉喷嘴
27. 感应加热辅助装置
28. 多形状多尺寸镀笔
29. 便携式电刷镀集成装置
30. 感应加热器
31. 精密铸造齿轮
32. 多轴联动装置

33. 电磁阀
34. 液压泵
35. 液压密封器件
36. 示教器
37. 专用焊接电源
38. 无人机飞控系统及云台控制系统

（二）关键基础材料

1. 钛合金
2. 高强合金钢
3. 高温合金
4. 高强铝合金
5. 吸嘴材料
6. PSA 材料
7. 半导体材料
8. 吸光材料
9. 表面改性专用材料
10. 高压液压元件材料
11. 应变感知材料
12. 高性能熔覆用金属与合金粉末材料
13. 冶金制备齿轮钢所需的合金成分材料
14. 冶金锻造齿轮材料
15. 真空渗碳强化后的齿轮材料
16. 超硬刀具材料
17. 高性能轴承钢
18. 耐油材料
19. 耐磨材料
20. 高柔性电缆材料
21. 耐高温绝缘材料
22. 半导体材料
23. 高导热陶瓷基板及粉体

（三）先进基础工艺

1. 高性能大型关键金属构件高效增材制造
2. 精密及超精密加工（切削、磨削、研磨、抛光）工艺
3. 碳纤维等复合材料成形及连接工艺
4. 激光、电子束、离子束、等离子弧等高能束加工工艺
5. 精密电火花加工工艺
6. 钛合金、高强合金钢、高强铝合金的精密高效成形制造工艺

（四）产业技术基础

1. 齿轮传动共性基础技术研发与应用平台
2. 齿轮产品可靠性试验测试服务平台

三、航空航天装备领域

（一）核心基础零部件（元器件）

1. 显示组件
2. 惯性器件
3. 大功率电力器件
4. 航空传感器
5. 智能蒙皮微机电系统
6. 紧固件和轴承
7. SoC/SiP 器件
8. 微机电系统
9. 激光陀螺仪
10. 高精度、甚高精度光学敏感器
11. 超高效Ⅲ－Ⅴ族晶体太阳电池
12. 薄膜砷化镓太阳电池
13. 精密阀门
14. 金属密封圈
15. 滑环转动圈数
16. 嵌套型 X 射线光学镜头
17. 高效 PCU 电源控制器
18. 宇航级新型功率 MOSFET
19. 专用数模混合集成电路

20. 线性化通道放大器核心控制国产芯片
21. 小型化高压功率 MOSFET，小型化、快恢复高压二极管
22. 大功率瞬态功率吸收二极管
23. SiC 大功率高压 MOSFET
24. 背照连续转移型四色、五色 TDICCD
25. 六维力传感器
26. 旋转编码器
27. 抗辐照新型非挥发存储器 —— 阻变存储器

（二）关键基础材料

1. 高强高韧轻质结构材料
2. 高温结构材料
3. 结构功能一体化材料
4. 高性能碳纤维及其复合材料
5. PBO 纤维及其复合材料
6. 高性能 Rusar 纤维及其复合材料
7. 耐 650℃以上温度的高温钛合金材料
8. 拉伸强度超过 1400MPa 的高强钛合金材料
9. 变形高温合金
10. 高性能聚合物纤维
11. 高性能铝合金
12. 富氧燃气通道耐高温抗冲刷涂层材料
13. 高温合金离心轮粉末冶金材料
14. 银锆铜材料
15. 高质量铜合金粉末材料
16. 热防护材料
17. 玻璃空心微球
18. 超导碳黑 / 石墨烯
19. 高辐射涂层粉体原材料
20. 电弧沉积专用铱靶材
21. 大容积低温复合材料
22. 低热导率轻质绝热材料

23. 超高吸收率消光漆
24. 富锂多元锰基正极材料
25. 高性能硅基复合负极材料
26. 高压绝缘灌封材料
27. 航空轮胎

（三）先进基础工艺

1. 航空发动机高温合金熔模铸造及定向和单晶铸造工艺
2. 航空发动机涡轮盘锻造及粉末冶金工艺
3. 复合材料构件制造工艺
4. 大型火箭固液推进剂安全连续装药技术
5. 航天产品无重力自动化装配技术
6. 高可靠性焊接技术
7. 碳纤维等复合材料成形及连接工艺与模具技术
8. 复杂结构零件性能及变形控制热处理工艺
9. 清洁热处理表层硬化工艺
10. 绿色高效真空热处理技术
11. 等离子喷涂及注入技术
12. 激光及电子束表面改性技术
13. 激光粉末烧结成形工艺
14. 高能束流增材制造工艺
15. 增材制造用高性能金属粉末制备工艺
16. 航空铝合金工业化和智能化制造技术
17. 钛合金、高性能铝合金的精密、极端成形制造工艺

（四）产业技术基础

1. 宇航材料可靠性验证评价评估平台

四、海洋工程装备及高技术船舶领域

（一）核心基础零部件（元器件）

1. 齿轮
2. 高性能动态密封件
3. 30MW 燃气轮机机匣类零件
4. 高压共轨燃油喷射系统

5. EGR 系统
6. SCR 装置
7. 电子调速器
8. 薄壁轴瓦
9. 大型及新型推进装置
10. 单点系泊高压多通道流体旋转接头
11. 单点系泊电滑环
12. 高压大口径挠性管
13. 大直径耐磨耐腐蚀轴承
14. 液压提链器
15. 动力定位系统
16. 深海锚泊系统
17. 海洋钻机模块
18. 水下井口装置
19. AIS 核心芯片
20. 潜式“星—潜”通信中继浮标
21. 具备信息组网能力的海洋综合环境测量浮标
22. 小型海洋空间立体信息综合处理终端
23. 磁控管
24. 水下采油树系统和水下控制模块
25. 水下连接器
26. 水下阀门
27. 水下脐带缆
28. 水下声学定位系统产品
29. 深水锚泊定位系统
30. 深海高效矿石切割钻头
31. 海洋温差能大深度海水提升泵
32. 超大型浮体高承载连接器
33. 岛礁海域超大型浮体复合系泊系统
34. 全回转舵桨装置
35. 高服役性能对转桨推进装置

36. 雷达前端信号处理模块
37. 雷达回波视频信号压缩传输模块
38. 隐身雷达天线罩
39. 海冰监测及载荷分析系统
40. 尾气后处理复合（IEGCS）装置
41. 紧凑型能量利用与消声（I-EUS）装置
42. 超低温 LNG 泵
43. LNG 高压蒸发器
44. 天然气高压双层管
45. 船用柴油机尾气（NOx）处理低温催化剂
46. 地震波物探系统
47. 深海平台钻井泥浆处理系统
48. LNG 低温器件

（二）关键基础材料

1. 高性能海工钢
2. 9Ni 钢配套焊接材料
3. COT 船用耐腐蚀钢焊接材料
4. 水下焊接材料
5. 海洋工程用 Q690 大厚板配套焊接材料
6. 低温材料
7. 降低船体摩擦阻力涂料
8. 透声材料
9. 双金属复合材料
10. 超级双相钢材料
11. 高性能密封材料
12. 深水平台专用钢材
13. 柔性立管复合材料
14. 高性能深水阳极
15. 深海矿石切割头材料
16. 水下履带用复合材料
17. 高性能纤维缆

18. 超级奥氏体不锈钢和超级双相不锈钢
19. 高性能耐蚀合金
20. 海洋等耐蚀环境用高性能白铜合金材料
21. 极地船舶用钢
22. 超大型集装箱船用大厚度高止裂钢板
23. LNG 船储罐用殷瓦钢
24. 高性能防腐涂料
25. 岛礁建设用碳纤维复合材料
26. 舰船复合材料
27. 高耐蚀钛合金材料
28. 高耐蚀铜合金材料
29. 海洋工程用高强耐碱纤维材料
30. 多功能结构一体化材料
31. 超低温钢
32. 高分子水润滑轴承材料
33. 船体防微生物附着涂料
34. 金属及非金属减震降噪吸声阻尼材料

（三）先进基础工艺

1. 高精度激光焊接工艺
2. 机器人 / 自动化焊接工艺
3. 搅拌摩擦焊接工艺
4. 精密电弧增材工艺
5. 金属材料表面强韧化处理工艺

（四）产业技术基础

1. 基于大数据的高技术全波质量与可靠性信息收集分析平台
2. 海洋平台及船舶全寿期安全监测及评估分析平台

五、先进轨道交通装备领域

（一）核心基础零部件（元器件）

1. 车轴
2. 车轮
3. 轴承

4. 齿轮传动系统
5. 列车制动系统
6. 轨道交通用超级电容
7. 功率半导体器件
8. 车钩缓冲装置
9. 空气弹簧
10. 抗侧滚扭杆
11. 25kV 干式高压互感器
12. 25kV 高压 A 端子
13. DC900V、DC1800V 直流高速断路器
14. 功率接触器
15. 控制继电器

（二）关键基础材料

1. 高强度大尺寸中空铝合金型材
2. 绝缘材料
3. 高性能齿轮渗碳钢
4. 轨道交通装备用新型高分子材料
5. 镁合金材料
6. 单晶硅材料
7. 碳滑板材料
8. 制动闸片材料
9. 变压器用绝缘材料
10. 牵引电机用绝缘材料
11. 车体隔热绝缘材料
12. 车轴钢
13. 铁道车辆车体用耐蚀钢
14. 高铁地铁用轨道交通复合材料
15. 钛纳米晶材料

（三）先进基础工艺

1. 金属型压力铸造技术
2. 无模化铸造成型技术

3. 双频感应热处理技术

4. 轻量化材料接头腐蚀控制和表面防腐处理技术

（四）产业技术基础

1. 轨道交通列车通信与运行控制创新平台

2. 轨道交通系统计量检验检测创新平台

六、节能与新能源汽车领域

（一）核心基础零部件（元器件）

1. 电控喷油系统

2. 动力总成电子控制

3. 驱动电机

4. 电机电子控制系统

5. 动力电池系统及电堆

6. 机电耦合装置

7. 自动变速器

8. 缸内直喷系统

9. 电控附件系统

10. 混合动力变速系统

11. 机械传动机构

12. 动力电池及基体材料

13. 驱动电池系统（含电池管理器）

14. 能量再生制动系统

15. 适用于双面冷却 IGBT 芯片及模块

16. 整车制动能量回馈系统

17. 双向 DC/DC 变换器

18. 高集成度电流传感器

19. 高散热效率平面散热器

20. 发动机专用电控单元 ECU

21. 高可靠性、高精度天然气喷嘴

22. 天然气电控减压（调压）器

23. 发动机控制系统控制器

24. 混合动力系统关键控制系统核心控制器

25. 稀土永磁电机
26. 氢循环系统
27. 70MPa 储氢瓶等大容量轻量化复合气瓶

（二）关键基础材料

1. 轻量化车身复合材料 / 混合材料
2. 动力电池电极和基体
3. 电机用硅钢和永磁材料
4. 特种橡胶
5. 高强度钢
6. 高端弹簧钢
7. 低摩擦材料
8. 新型耐高温活塞材料
9. 轻型耐高温高可靠性塑料
10. 密封材料
11. 高效新型催化剂
12. 传动齿轮材料
13. NVH 隔振降噪材料
14. 无石棉高性能摩擦材料及制动片
15. 膜电容器高温膜材料
16. 新型低铂或非铂催化原理及催化剂
17. 超高分散度的纳米粉体浆料
18. 高化学和机械稳定性固体电解质
19. 高性能及低成本气体扩散层
20. 高功率密度金属双极板
21. 低滚动阻力安全轮胎
22. 储氢材料
23. 高性能铝合金材料
24. 高性能镁合金材料
25. 尾气检测用电子浆料

（三）先进基础工艺

1. 铝及镁合金压力下铸造成形工艺（低压、半固态、高真空压铸）

2. 轻量化材料焊接工艺
3. 复合材料构件成形制造工艺与模具技术
4. 铝及镁合金液压、冷弯等精密塑性成形工艺与模具技术
5. 超高强度钢塑性成形工艺与模具技术
6. 汽车件近净成形制造工艺

（四）产业技术基础

1. 节能与新能源电池碰撞安全性测试服务平台
2. 节能与新能源关键材料和零部件计量测试创新服务平台
3. 节能与新能源汽车混合动力技术创新平台
4. 汽车气动—声学性能开发和试验检测技术基础公共服务平台

七、电力装备领域

（一）核心基础零部件（元器件）

1. 重型燃气轮机高温部件
2. 大型核电压力容器
3. 蒸汽发生器
4. 冷却剂主泵
5. 控制棒驱动机构
6. 堆内构件
7. 大型核电汽轮机焊接（整锻）转子
8. 2 000mm 等级末级长叶片
9. 大型半速汽轮发电机转子
10. 可变速水泵水轮机转轮
11. 大容量发电机保护断路器
12. 高电压大电流真空灭弧室
13. 耐高温、高绝缘性能冲击电容器
14. IGBT 元件或者 IEGT
15. 直流侧电容器
16. 高压大电流高频开断真空灭弧室
17. 高速斥力操动机构
18. 高压触发间隙
19. 直流断路器控制保护系统

20. 阀侧套管
21. 有载调压开关
22. 6250A 直流转换开关用开断装置
23. 晶闸管换流阀
24. 高能量密度、低内阻超级电容器
25. 电容管理系统
26. ±800kV 直流套管
27. ±800kV 直流出线装置
28. 核燃料在线监测装置

（二）关键基础材料

1. 重型燃机关键高温材料
2. SF6 替代气体
3. 灭弧室高性能触头材料
4. 耐电弧引弧材料
5. 灭弧室耐高温绝缘材料
6. 灭弧室用耐高温隔热材料
7. 壳体用高导电率、高强度铸铝合金材料
8. 绝缘子用高玻璃化温度、高强度环氧树脂复合绝缘材料
9. 自润滑免维护轴承材料
10. 高电压光缆材料
11. 主机绝缘材料（纸板、出线装置）
12. 高孔隙率活性炭及高电压窗口电解液
13. 配电系统用绝缘材料
14. 储能模块用铝合金材料
15. 角环及成型件纸板 T3 材料
16. 玻璃纤维绝缘板
17. 绝缘硅橡胶
18. 半导电硅橡胶
19. 绝缘硅油
20. 电子级及高强高韧环氧树脂
21. 三元乙丙绝缘橡胶

22. 核电用钢
23. 核电机组用钛焊管
24. 核电机组用碳纤维
25. 高温真空集热管
26. 汽轮机叶片用钛合金材料
27. 高压大容量陶瓷电容器材料
28. 高压或特高压输电线路用复合材料杆塔等电力复合材料
29. 特高压电网工程用绝缘材料
30. 大型复合材料风电叶片及复合材料杆塔
31. 碳芯电缆

（三）先进基础工艺

1. 重型燃机高温合金熔模铸造及定向和单晶铸造工艺
2. 重型燃机定向凝固制造技术
3. 发电装备焊接工艺
4. 典型高温零部件结构设计与制造工艺
5. 高效及复合加工、装配及批产工艺
6. 复合材料切削加工工艺
7. 高效磨削加工工艺
8. 超大型铸锻件成形制造工艺
9. 超大型结构件焊接工艺
10. 超大型零件热处理工艺
11. 超大型零件切削加工工艺

（四）产业技术基础

1. 超（超）临界火电机组、CAP1400 核电机组用安全阀试验服务平台
2. 大功率可变转速发电电动机基础技术平台

八、农业装备领域

（一）核心基础零部件（元器件）

1. 转向驱动桥
2. 湿式离合器
3. 换档离合器电磁比例阀
4. AMT 换档控制机构

5. 软轴换档控制器和机构
6. 电液悬挂系统
7. 非道路国四排放标准发动机
8. 大载重量静液压底盘
9. 大喂入量脱粒滚筒部件
10. 大喂入量清选部件
11. 全地貌仿形割台
12. 农机导航与智能控制作业装置
13. 农机专用测控传感器
14. 高压、大排量轴向柱塞液压泵
15. 低速大扭矩轮边马达
16. 大排量药泵及喷嘴
17. 空气减震弹簧
18. 苗盘自动输送系统
19. 智能化取苗、顶苗、导苗控制系统
20. 高速栽植装置
21. 智能无菌环境维持系统
22. 多形态物料精量灌装控制系统

（二）关键基础材料

1. 离合器活塞材料
2. 湿式离合器摩擦材料
3. 采棉指材料
4. 脱棉盘材料
5. 种苗夹持材料
6. 托轨材料
7. 耐磨硼钢

（三）产业技术基础

1. 农机专用测控传感器等关键零部件计量测试创新服务平台

九、新材料领域

（一）核心基础零部件（元器件）

1. 高温窑炉炉内温场检测器件

2. 水泥工业生料在线自动检测设备
3. 玻璃基板在线厚度和表面缺陷自动检测装置
4. 无机浆料中在线粒径成分自动检测仪

（二）关键基础材料

1. 新一代功能复合化建筑用钢
2. 超大输量油气管线用钢
3. 高性能轻合金材料
4. 功能元器件用有色金属关键配套材料
5. 生物基高分子材料
6. 功能纺织新材料
7. 高端专用化学品
8. 高性能树脂
9. 特种橡胶
10. 高性能纤维、单体及复合材料
11. 功能性膜材料
12. 精细陶瓷和人工晶体
13. 稀土功能材料
14. 3D 打印用材料
15. 超导材料
16. 智能仿生与超材料
17. 风光规模储能水系电池正负极材料
18. 石墨烯及其材料
19. 特种装备用超高强度不锈钢
20. 高性能冷轧辊用钢
21. 高性能稀有金属材料
22. 特种工程塑料
23. 电子级化学品
24. 玻璃基材料
25. 复合材料
26. 非金属矿物功能材料
27. 节能绿色结构功能一体化建材

28. 高效低阻高温过滤材料
29. 高纯石英玻璃及制品
30. 无机真空绝热材料
31. 环保过滤陶瓷装备
32. 大尺寸石英坩埚

（三）先进基础工艺

1. 大尺寸异形截面复合材料的设计、验证与制造技术

（四）产业技术基础

1. 先进复合材料及其应用技术创新平台
2. 高性能特种金属材料及其应用技术创新平台
3. 新材料性能测试评价平台
4. 功能性非金属矿材料应用技术创新平台
5. 绿色建材推广应用服务平台
6. 新材料产业计量检测创新服务平台

十、生物医药及高性能医疗器械领域

（一）核心基础零部件（元器件）

1. 大热容量 X 射线管组件
2. 新型 X 射线光子探测器
3. 超声单晶探头、面阵探头、弹性成像探头等新型探头
4. 内窥镜及血管内微型超声探头
5. CT 探测器
6. PET 探测器
7. 超精密级医疗机械轴承
8. CT 滑环及运动控制系统
9. 高像素 CCD/CMOS 图像传感器
10. 磁共振射频线圈
11. 无创连续血压传感器等新型电生理传感器
12. IVD 微量精密加样组件
13. 高灵敏度生物细胞无线检测芯片

（二）关键基础材料

1. 可降解血管支架材料

2. 透析材料
3. 医用级高分子材料
4. 生物 3D 打印材料
5. 探测器新型晶体材料
6. 导光率、大数值孔径内镜光纤
7. 超弹性镍钛合金
8. 假肢体制备碳纤维材料
9. 高强度可降解骨科植入材料
10. 人工关节用交联超高分子量聚乙烯
11. 中性硼硅玻璃
12. 药用卤化丁基橡胶
13. 高端湿性医用敷料材料
14. 可吸收医用材料
15. 植入用钛及钛合金材料
16. 造影药剂
17. 植牙材料
18. 诊断和药物释放一体化靶向纳米材料
19. 医用镁合金材料

（三）先进基础工艺

1. 药物新靶点发现和针对新靶点的药物设计技术
2. 口服速释、缓控释、多颗粒系统等口服调释给药技术
3. 脂质体、脂微球、纳米制剂等新型注射给药技术
4. 口服仿制药与原研药质量疗效一致性制造技术
5. 大宗原料药清洁生产、发酵菌渣无害化处理和资源化利用技术
6. 中药药理及药效学评价技术
7. 濒危稀缺药材人工繁育技术
8. 中药注射剂安全性评价关键技术
9. 人源化抗体构建及优化技术、双功能抗体技术及抗体化药偶联技术
10. 基因工程疫苗技术
11. 动物细胞大规模高效培养和蛋白质纯化关键技术
12. 生物药长效、缓释、控释等制剂技术

（四）产业技术基础

1. 医药研发公共资源平台
2. 工业制剂技术研发平台
3. 医药制剂国际化发展技术平台
4. 医药绿色制造技术研究平台
5. 生物医药及高性能医疗器械关键材料和零部件计量测试创新服务平台

十一、其它

（一）核心基础零部件（元器件）

1. 高新技术纤维和功能性差别化纤维纺丝用喷丝板
2. 高精度计量泵
3. 全自动高速卷绕头
4. 非织造热轧机用压辊
5. 高频加热的热牵伸辊
6. 高速锭子
7. 纺锭轴承
8. 高性能钢领及钢丝圈
9. 高性能转杯、新型针布
10. 纺织胶圈
11. 胶辊
12. 冰箱、洗衣机、空调器用变频控制器
13. 家电用直流永磁无刷电机
14. 磨浆机用耐磨磨片
15. 造纸机用稀释水水力式流浆箱
16. 衡器行业用新型光纤称重传感器
17. 钢制扬克缸

（二）关键基础材料

1. 芳纶
2. 高强中模聚酰亚胺纤维材料
3. 超高分子量聚乙烯纤维（UHMWPE）
4. 超高温钨钼及蓝宝石单晶炉热场材料
5. 氮化硅陶瓷、氧化铝陶瓷、石英陶瓷等新型精细陶瓷粉体

6. 新型聚酯纤维

7. 高仿真纤维

8. 多功能复合纤维

9. 原液着色纤维

10. 循环再生纤维

11. 太阳能光伏电池背板用氟塑料薄膜

12. 高环境污染产业过滤 PM2.5 用聚四氟乙烯、聚苯硫醚、聚酰亚胺等纤维及过滤材料

13. 工业废水处理用聚四氟乙烯膜材料

14. 工业生物酶制剂

15. 油气开采用复合材料

16. 陶瓷基复合材料

17. 建筑保温无机复合材料

18. 无石棉摩擦材料

19. 三元催化剂材料

20. 固定源废气净化脱硝 SCR 催化材料

21. 移动源尾气净化脱硝 SCR 催化材料

22. 圆珠笔头用易切削不锈钢

23. 高品质工模具钢

24. 钢结构建筑用超高强度结构钢

25. 钢结构建筑用耐候钢

26. 钢结构用高强度冷弯矩管

27. 特种石墨

（三）先进基础工艺

1. 低品位复杂成分铁矿深部无废采选成套工艺

2. 新型高效烧结生产与烟气治理协同控制工艺技术

3. 薄板坯高速连铸无头轧制基础工艺

4. 钢铁制造全流程物质流高效运行、钢材组织性能及表面质量预报和在线监控基础工艺技术

5. 钢铁制造工艺流程中的能量流网络构建和集成优化基础技术

6. 重劣质原油资源最大化利用技术

7. 低成本低碳烯烃生产新工艺
8. CO_2 资源化利用技术
9. 新一代连续聚合纺丝工艺
10. 工业用纺织品特殊织造及多工艺复合加工工艺
11. 先进印染关键工艺
12. 水性生态聚氨酯合成革制备工艺
13. 手表主夹板精密柔性加工工艺
14. 高性能无机纤维制造技术

（四）产业技术基础

1. 生产过程中的现场测量、在线测量、无损测量和快速测量的量值溯源能力
2. 极端条件下测量的量值溯源能力
3. 近极限检测技术
4. 在线检测和无损检测技术
5. 机器人可靠性试验验证及综合分析服务平台
6. 有害物质的高效检测技术
7. 工程机械高端液压元件和系统协同工作平台
8. 工业“四基”大数据平台
9. 计算机及信息系统信息与系统安全技术验证平台

附录 G　智能制造设备概述[①]

一、工业机器人

1. 工业机器人概述

20 世纪中期，随着计算机技术、自动化技术、机械工程技术的发展，美国率先开始了工业机器人的研发工作，并将工业机器人成功运用于工业生产，奠定了工业机器人的发展基础。工业机器人的出现，是传统机构学与近代电子技术相结合的产物，如今，工业机器人已融入了多学科的前沿技术，综合了计算机科学技术、机械工程技术、电子工程技术、传感技术、控制理论、人工智能、仿生学等多学科而形成的高新技术，是当代备受关注的研究开发领域，对国民经济发展有着举足轻重的作用。

工业机器人主要包含面向工业领域的多自由度串联机器人、多自由度并联机器人、多自由度串－并联机器人、多指机械手、无人自动小车（AGV）等，是自动执行工作的机器装置，靠自身动力和控制能力来实现各种功能。工业机器人能够接受和理解人类的指令，并按照设定的程序执行运动和作业功能。工业机器人的典型应用包括喷涂、焊接、磨削、搬运、装配、产品检测等，不同种类的工业机器人现已在各行各业得到了不同程度的应用。

工业机器人主要由机器人本体、控制器、伺服驱动器、传感器等部件构成，依据事先编制的程序完成特定的动作。工业机器人具有如下主要特点：

1）可编程。工业机器人依据事先编制的程序完成特定的动作，当工作环境或工作任务改变后，可以重新编制程序，从而使机器人在新的环境中执行新的动作，完成新的作业任务。

2）通用性。由于工业机器人的多关节（或自由度）特性和可编程特性，工业机器人可以执行不同的作业任务，具有较好的通用性。

3）自主性。工业机器人上布置有多种传感器，机器人能根据这些传感器检测到的环境与工作状态信息自主控制执行机构，完成相应作业任务。

---

①本节引用《中国战略性新兴产业研究与发展·智能制造装备》，主编为华中科技大学教授孙容磊博士。

随着科学和技术的不断发展，工业机器人也经历了三个主要发展阶段。

第一代机器人为示教再现机器人，主要由机器人本体、运动控制器和示教盒组成。操作者通过示教盒控制机器人运动，完成特定作业任务，机器人同时记录、保存机器人的运动信息。示教结束后，机器人根据保存的信息自动重复刚才的示教运动。该类机器人操作比较简单，通常完成点到点的运动、简单的直线和圆弧运动。

第二代机器人为离线编程机器人。首先建立机器人的运动学模型，求解机器人运动学模型的正反解，在离线情况下进行路径规划、生成机器人控制代码。其次建立机器人及其工作环境的三维实体模型，由生成机器人控制代码控制机器人三维实体模型进行仿真运动，检验程序的正确性。最后将正确的控制代码传递给机器人控制器，控制机器人运动。

第三代是智能机器人，它除了具有第一代和第二代的特点以外还带有各种传感器，该类机器人对外界环境不但具有感觉能力，而且具有独立判断、记忆、推理和决策的能力，能适应外部对象、环境协调地工作，能完成更加复杂的动作。在工作时通过传感器获得外部的信息，并进行信息反馈，然后灵活调整工作状态，保证在适应环境的情况下完成工作。

当前，工业机器人已经成为一种标准设备而在工业自动化行业广泛应用，由此也形成了一批具有国际影响力的工业机器人公司，如安川、OTC、松下、Fanuc、不二越、川崎、KUKA、CLOOS、ABB、COMAU 及 IGM 公司。

随着工业机器人技术的不断成熟与完善，机器人的应用已从传统制造业推广到其他行业，如采矿、建筑、农业、灾难救援等。此外，在国防军事、医疗卫生、生活服务等领域机器人的应用也越来越多，如无人侦察机（飞行器）、警备机器人、医疗机器人、家用服务机器人等均有应用实例。机器人正在为提高人类的生活质量发挥着越来越重要的作用，已经成为世界各国抢占的高科技制高点。

国内外经济环境的变化倒逼产业转型升级，制造业向高端发展是必经之路。为了更好地适应市场经济的发展，需要利用机器人技术提升工业发展水平，完成从制造业大国向制造业强国的转变。随着产品性能提升的内在需求增加和劳动力价格上涨，产业转型升级的压力不断加大。工业机器人作为智能制造领域的代表，在产业转型升级的过程中正发挥着越来越重要的作用，工业机器人技术的发展水平也成为一个国家工业自动化水平的重要标志。

2. 国外工业机器人产业发展概述

在全球范围内，工业机器人正处于蓬勃发展阶段，工业机器人产业的发展和推广应用具有广阔的前景和难得的历史发展机遇。根据国际机器人联合会（IFR）统计，2002 年至 2004 年，世界工业机器人市场前景看好，年增长率平均在 10% 左右。2005 年增长率达到创纪录的 30%，其中亚洲工业机器人增长幅度最为突出，高达 45%。受到国际金融危机的影响，2009 年工业机器人市场比 2008 年下降了 0.5%。2010 年，全世界新安装的工业机器人数量逐步接近 2005—2008 年的高峰期，共供应了 115 000 台工业机器人，机器人制造商的营业额总计 20 亿欧元，同比增长 24%。到 2013 年，全球机器人销售量达到 17.81 万台，比 2012 年增长 12%。全球工业机器人的销售产值超过 85 亿美元。如果包括软件、外围设备和系统工程的成本，实际的工业机器人销售总额将超过 255 亿美元。2014 年，全球工业机器人销售量达到 22.5 万台，同比增长 26.3%，其中主要的增长来自亚洲。增长的主要动力来源于汽车行业需求的稳定增加。据麦肯锡预计，到 2025 年，5% ～ 15% 的制造业工人将被工业机器人取代，全球工业机器人保有量将达到 1 500 万～ 2 500 万台，年均增速为 25% ～ 30%，工业机器人将产生 0.6 万亿美元到 1.2 万亿美元的经济影响。随着亚洲地区制造业的发展，各项产业对于工业机器人的需求量增加，使得工业机器人市场需求逐渐由欧美地区转移到亚洲地区，中国将成为最大的工业机器人需求市场。

全球机器人产业在保持着良好增长势头的同时，随着电子产品及新兴产业不断增长的需求，以及自动化生产的需要，工业机器人在下游行业的应用主要集中在汽车、电子电气、橡胶塑料、金属和机械领域。其中，汽车领域应用最广，占工业机器人应用总数的 39.0%；其次是电子电气领域，占比 20.3%；食品饮料和药品化妆品领域相对较少，占比分别为 3.5% 和 1.1%。在服务型机器人方面，美国制造业巨头弗里多尼亚集团的全新调研表明，服务型机器人的需求量已经超过了工业机器人。全球对服务型机器人的需求量将以平均每年 11% 的速度增长。2014—2016 年估计会有 2 200 万个人及家用机器人得到销售，其市场规模达到 2 500 亿元。其中：家用机器人销量估计为 1 550 万台，销售额达 360 亿元；娱乐机器人约为 350 万台；教育类机器人约 300 万台；残障辅助机器人约为 6 400 台。随着相互学习与共享知识云机器人技术获得重大突破，小型家庭用辅助机器人大幅度降低生产成本，将在 2020 年之前形成至少累计 416 亿美元的新兴市场。另一方面，虽然残障辅助机器人起步较慢，但可预测未来 20 年会有高速增长。

到 2016 年，服务型机器人的需求量可能会翻两番。

在发达国家中，机器人化的自动化生产线成套装备已成为自动化装备的主流及未来的发展方向。国外汽车行业、电子电气行业、工程机械等行业已大量使用工业机器人自动化生产线，以保证产品质量和生产的高效率。目前，典型的成套装备有大型轿车壳体冲压自动化系统技术和成套装备、大型机器人车体焊装自动化系统技术和成套装备、电子电气等机器人柔性自动化装配及检测成套技术和装备、机器人发动机、变速箱装配自动化系统技术成套装备以及板材激光拼焊成套装备等。这些机器人自动化成套装备的使用，大大推动了相关行业的快速发展，提升了行业的制造技术水平。

纵观世界各国工业机器人产业发展过程，发达国家在发展机器人的过程中存在以下三种模式。

（1）美国模式：整体研发设计与对外采购机器人本体相结合，重在系统开发与应用　美国是机器人的诞生地，早在 1962 年就研制出世界上第一台工业机器人。美国是世界上机器人强国之一，基础雄厚、技术先进。美国工业机器人的发展是在自由市场经济条件下的自然生长过程，相较于日韩等国，政府影响较小。据美国机器人工业协会（RIA）最新统计，受制造企业强劲需求驱动，北美的机器人行业在 2014 年进入最快增长期，上半年获得 14 135 台机器人的订货，价值 7.88 亿美元，订货数量比 2013 年同期增长 30%，销售收入增长 16%。其中汽车工业是对 2014 年第二季度机器人销售贡献最大的行业，订购量比 2013 年同期增长了 97%。非汽车行业如半导体、生命科学、食品与日常消费品行业，2014 年上半年的机器人订货额比 2013 年同期增长了 22%。但是最强劲的增长还是来自汽车制造相关行业。来自汽车及配件制造企业的机器人订货数量在 2014 年上半年比 2013 年同期增长了 36%。据美国机器人工业协会估算，在美国的工厂里大约有 23 万个机器人正在使用。

美国 Adept Technology 是 1983 年成立的全球智能视觉机器人系统服务商。Adept Technology 的智能自动化产品线包括工业机器人、针对机器人的机械控制和其他灵活的自动化设备、机器视觉系统和应用软件。Adept 机器人为包装生产线、生命科学研究、磁盘驱动器制造、电子器件生产以及传统的工业制造企业提供专业的、高性价比的系统与服务。超过 55 000 台不同功能的 Adept 机器人被安装在了世界各地。

美国 Rethink Robotics 公司推出了一款被称为“具有常识”的“百特”（Baxter）

机器人。该款机器人不仅造价是目前其他工业机器人的一半，并且它不需要专门的机器人专家或者繁琐的客户端程序使其完成生产任务。Rethink Robotics 公司表示，工厂内普通的工人就可以教会“百特”如何工作，而且需要的时间不会超过 1 小时。

美国 American Robot 是工业机器人控制器、工业机器人和自动化系统的生产商。过去的 20 多年里，American Robot 在工业机器人市场上的定位是提供实用性的军事和航空航天解决方案，现在仍专注于机器人控制、校准、机械手技术的创新，不断扩大其产品线。公司的产品线主要包括三个方面：通用机器人控制器、Merlin 六轴多关节机器人和 Gantry3000 模块机器人。

美国 ST Robotics 是美国一家工业机器人企业，提供专业但价格实惠的、易于使用、方便装箱携带的机器人。ST Robotics 机械手简单、友好、高效、低成本、更坚固耐用，能更广泛地应用于工业建设，能很容易地适用于从“机械送料”到“实验室样品处理”等各种工作。

美国谷歌收购的机器人工程技术厂商 Boston Dynamics 制造的名为“Atlas”的机器人，它可以实时感知真实世界中周围环境状况，并进行相应的动作。Atlas 拥有两个“立体接近相机”（stereo proximity cameras）和一个位于头部的相机，可通过头部激光障碍识别系统（LIDAR）来显示周围环境状态。该系统能够向周边环境发射多束激光，然后根据激光的反馈数据进行分析，得出周边环境的全景图像，并以此做出移动路线和行动方案，从而完成分辨目标物体、接近目标以及捡起目标物体等复杂任务。

美国宾夕法尼亚大学开发的远端临场机器人 DORA，将虚拟现实头盔与替身机器人相连，能让操作者仿佛置身于机器人所在的环境，形成置身于另一个现实的沉浸式感觉。Oculus Rift 头戴式设备中的传感器实时感知操作者的头部的运动，虚拟现实系统以感觉不到的高帧频来更新图像，辅以视觉和听觉的刺激，加强操作者对现实的感知，通过机器人的操作臂来实现与环境的交互。

由于美国一度认为制造业是“夕阳产业”，对制造业重视不够，影响了其工业机器人的发展，因此目前美国每万人拥有机器人的密度低于日本、韩国和德国。随着美国重启制造业回归计划，美国工业机器人的使用量将大幅增加。此外，美国在智能机器人技术研究领域仍然处于领先地位。

（2）日本模式：产业链整体推进，以机器人本体、关键零部件研发和生产为核心，提供从关键零部件、机器人整机到机器人自动化生产线的全产业链服

务　日本的工业机器人起步晚于美国五六年，在经历了 20 世纪 60 年代摇篮期、20 世纪 70 年代实用期后，20 世纪 80 年代跨入普及提高并广泛应用期。经过短短的时间，日本工业机器人产业已迅速发展起来，一跃成为“工业机器人王国”。

日本的工业机器人保有量一直远远超过其他国家，尤其在 1985—1995 年期间增长非常迅速。目前，日本工业机器人的保有量约占世界工业机器人的 60%。仅以 2005 年计，当年全球工业机器人市场规模为 4 545 亿日元，而日本工业机器人的市场规模达就达 1 669 亿日元，亚洲（日本除外）则为 1 150 亿日元。

日本不仅是工业机器人保有量的第一大国，而且也是工业机器人的生产、出口大国。2012 年，日本机器人产值约为 3 400 亿日元（约合人民币 175 亿元），占据全球市场份额的 50%，安装数量（存量）约 30 万台，占全球市场份额的 23%。

日本还是工业机器人关键零部件的主要供应国，包括机器人精密减速机、伺服电机、重力传感器等全球 90% 以上的市场份额被日本占据。日本在机器人生产、应用及主要零部件供给、研究等各方面位居世界前列。

2015 年 1 月 23 日，日本政府对外公布了“机器人新战略”，决定未来 5 年将重点发展机器人产业。为实现这一战略，日本政府将在财政、税收、教育和法律等方面予以扶植。

作为工业机器人生产、使用、保有量大国，日本还拥有世界最大的机器人公司 —— 日本安川电机公司。安川公司 1977 年研制出第一台全电动工业机器人。旗下拥有 Motoman 美国、瑞典、德国以及 Synetics Solutions 美国公司等子公司。其核心的工业机器人产品包括：点焊和弧焊机器人、油漆和处理机器人、LCD 玻璃板传输机器人以及半导体晶片传输机器人等。安川电机公司是将工业机器人应用到半导体生产领域最早的厂商之一。

日本发那科（Fanuc）公司的前身致力于数控设备和伺服系统的研制和生产。1972 年，从日本富士通公司的计算机控制部门独立出来，成立了 Fanuc 公司。Fanuc 公司两大主要业务包括工业机器人和工厂自动化。其开发的工业机器人产品有：

1）R-2000iA 系列多功能智能机器人。具有独特的视觉和压力传感器功能，可以将随意堆放的工件捡起，并完成装配。

2）Y44CCLDiA 高功率 LD YAG 激光机器人。拥有 4.4kW LD YAG 激光振荡器，具有更高的效率和可靠性。

（3）德国及欧洲模式：一揽子“交钥匙工程”，即机器人本体的生产和用户所需要的系统设计制造全由一家机器人厂商完成　德国工业机器人的总数占世界第三位，仅次于日本和美国，德国工业机器人的研究和应用在世界上处于领先地位。在普及第一代工业机器人的基础上，第二代工业机器人经推广应用成为主流安装机型，第三代智能机器人已占有一定比重。目前，国际上具有影响力的、著名的欧洲系工业机器人中有德国 KUKA、CLOOS、瑞典 ABB、意大利的 COMAU 及奥地利的 IGM 公司。

德国库卡（KUKA）机器人公司是世界几家顶级工业机器人制造商之一。1973 年研制开发了 KUKA 的第一台工业机器人。该公司工业机器人年产量约 1 万台。所生产的机器人广泛应用在仪器、汽车、航天、食品、制药、医学、铸造、塑料等工业上。主要用于材料处理、机床上下料、零件装配、产品包装、堆垛、焊接、表面修整等领域。2007 年，库卡 TITAN 成为当时最强大的六轴工业机器人，被计入吉尼斯纪录；2010 年，KRQUANTEC 系列工业机器人突破了当时机器人的承载范围，承载能力达到 300kg，工作范围达到 3 100mm；2012 年，最新小型机器人系列 KRAGILUS 上市；2014 年，库卡推出适用于食品工业超抗寒机器人。

德国克鲁斯（CLOOS）公司现已经可以生产具有高度柔性、精度及多种编程功能的、可扩展到十二轴的机器人单元。克鲁斯公司在机器人焊接领域具有鲜明特色，提供的机器人系统包括：机器人、机器人控制器、焊接设备以及周边设备，如定位器、工具及防护装置、主控制器及传感器等。CLOOS 于 2002 年成功开发出了世界第一台变极性 MIG/MAG 焊机 GLC353QUINTOCP，解决了各类薄板焊接这一难题。CLOOS 公司在全球范围内已销售 4 000 多台焊接机器人系统，应用于机械工程、汽车、航天等各个领域。

瑞典 ABB 公司是世界上最大的机器人制造公司之一。1974 年，ABB 公司研发了全球第一台全电控式工业机器人 IRB6，主要应用于工件的取放和物料的搬运。1975 年，生产出第一台焊接机器人。到 1980 年兼并 Trallfa 喷漆机器人公司后，机器人产品趋于完备。ABB 公司制造的工业机器人广泛应用在焊接、装配、铸造、密封涂胶、材料处理、包装、涂装、水切割等领域。

意大利柯马（COMAU）公司从 1978 年开始研制和生产工业机器人。其机器人产品包括 SMART 系列多功能机器人和 MAST 系列龙门焊接机器人，广泛用于汽车制造、铸造、家具、食品、化工、航天、印刷等行业。柯马最新一代 SMART 系列机器人是针对点焊、弧焊、搬运、压机自动连线、铸造、涂胶、组

装和切割的 SMART 自动化应用方案的技术核心。其“中空腕”机器人 NJ4 在点焊领域更是具有无以伦比的技术优势。

3. 我国工业机器人产业发展概述

我国的工业机器人从 20 世纪 80 年代“七五”科技攻关开始起步，在国家科技攻关项目的支持下，经过十几年的研制、生产和应用，我国机器人产业实现了从无到有、从低到高的跨越。近几年，我国工业机器人及含工业机器人的自动化生产线相关产品的年产销额已突破 10 亿元。“十五”期间，工业机器人的需求量呈爆炸式的增长，需求量每年以 15% ～ 20% 的速度增长。如今，国内市场年需求量在 3 000 台左右，年销售额在 20 亿元以上。统计数据显示，我国市场上工业机器人总共拥有量近万台，占全球总量的 0.56%，其中国产工业机器人产业集中度占 30% 左右，其余都是从日本、美国、瑞典、德国、意大利等 20 多个国家引进的。据 IFR 统计数据显示，2014 年我国工业机器人产量 12 050 台，同比增长 26.2%，而 2012—2014 年的复合增长率则高达 44.6%。销售工业机器人 5.5 万台，其中国产机器人 1.6 万台，占据了 28% 的市场份额，虽然市场份额依旧较小，但可以看到国产机器人市场份额较以往有了很大的进步。预计我国工业机器人需求年增长达到 25% 以上，到 2017 年市场销量将达到 10 万台，工业机器人保有量将超过 40 万台。

我国工业机器人已广泛服务于国民经济 25 个行业大类、52 个行业，涉及诸多制造业领域。从产品结构看，坐标机器人和多关节机器人销售位居前两位，分别占总销量的 35% 和 31%。从应用领域看，搬运上下料机器人销量占总销量的 45%，位居第一位；焊接机器人销量占比为 26%，位居第二位。从应用行业看，国产工业机器人主要应用于国民经济 48 个中类行业之中，其中计算机制造业、汽车零部件及配件制造业、输配电及控制设备制造业应用较为集中，共计占销售总量的 45%。我国机器人正在不断崛起。业内有专家预测，到 2016 年，我国有可能成为世界最大的工业机器人市场。

我国工业机器人产业发展具备较强的政策优势，在制造业转型和升级过程中，政府扶持的力度不断加大，我国工业机器人的产业环境不断完善，行业呈现蓬勃发展的态势，业内领军企业的产业化能力不断提升，与此同时，越来越多的新企业也积极投身于机器人产业当中。国家出台了一系列支持机器人产业发展的政策，如在《“十二五”国际战略新兴产业发展规划》《高端装备制造业“十二五”发展规划》《智能制造科技发展“十二五”专项规划》中指出，要大力推进工业机

器人及关键基础零部件的技术突破和产业化；由中国机械工业联合会牵头成立“中国机器人产业联盟”，以推动我国机器人的产学研用，加速机器人技术与产品在各行业中的普及应用；2014 年 1 月，工信部发布了《关于推进工业机器人产业发展的指导意见》，明确提出了我国工业机器人的发展目标，即开发满足用户需求的工业机器人系统集成技术、主机设计技术及关键零部件制造技术，突破一批核心技术和关键零部件，提升量大面广主流产品的可靠性和稳定性指标，在重要工业制造领域推进工业机器人的规模化示范应用。据工信部工业装备司规划，到 2020 年我国将形成较为完善的工业机器人产业体系，培育 3~5 家具有国际竞争力的龙头企业和 8~10 个配套产业集群，工业机器人行业和企业的技术创新能力和国际竞争能力明显增强，高端产品市场占有率提高到 45% 以上，机器人密度达到 100 以上（机器人密度是指平均每万名工人对应的机器人保有量）。这些政策主要集中在工业机器人的研发布局、核心零部件突破、应用引导等方面，注重产业本土化和全产业链布局，为本土机器人企业的脱颖而出提供了良好的环境。同时，各地政府纷纷开展机器人产业园规划和建设。目前，分布在国家高新区的机器人产业园已超过 30 家。

在国家和地方政策的引导下，全国各地纷纷启动机器人项目。据不完全统计，全国已建和在建的工业机器人产业园近 40 家，相当于平均每个省有超过一家工业机器人产业园，而更多的园区还在筹备中。目前已将沈阳新松机器人自动化股份有限公司、哈尔滨博实自动化设备有限责任公司、一汽集团涂装技术开发中心、北京机械工业自动化所、四川绵阳网维焊接自动化设备有限公司等确立为智能机器人主题产业化基地。大连组合机床所、上海富安工厂自动化公司、东风汽车公司、昆明船舶公司、哈尔滨焊接研究所、安川北科公司等企业，也都凭借自己开发生产的特色机器人或应用工程项目活跃在当今国内工业机器人市场上。此外，一些科研院所和大学也均在进行机器人技术及应用项目方面的研发工作。如中科院沈阳自动化研究所、哈尔滨工业大学、华中科技大学、北京航空航天大学、上海交通大学和清华大学等。

据 OFweek 行业研究中心数据统计，截至 2015 年 3 月国内机器人企业分布如下：广东 221 家，居首位；其次是浙江 138 家；接着依次是江苏 108 家、山东 85 家、上海 84 家、北京 58 家、安徽 45 家、辽宁 45 家、重庆 31 家。可见国内机器人企业发展非常不平衡，多集中在工业经济发达地区且发展迅速。以东莞为例，在 2012 年前，机器人企业没有几家，2012 年后机器人企业开始慢慢增

加，2014 年甚至新增了 53 家，是历年来增加数量最多的一年。截至 2015 年 1 月，东莞共有机器人企业 108 家。其中，注册资本在 1 000 万元以上的占总数的 18%，100 万 ~1 000 万元之间的占 32%，剩余的 50% 则在 100 万元以下。这一数据显示，我国的机器人企业主要以中小型企业为主。国内较大的工业机器人企业主要有：

首钢莫托曼机器人有限公司。该公司由中国首钢总公司、日本株式会社安川电机和日本岩谷产业株式会社共同投资组建。引进日本安川电机最新 UP 系列机器人生产技术生产“SG-MOTOMAN”机器人，并设计制造应用于汽车、摩托车、工程机械、化工等行业的焊接、涂装、装配、研磨、切割和搬运等领域的机器人、机器人工作站等，是目前我国主要的机器人生产基地。

沈阳新松机器人自动化股份有限公司。该公司是由中国科学院沈阳自动化所为主发起人投资组建的高技术公司，是“机器人国家工程研究中心”“国家‘863’计划智能机器人主题产业化基地”“国家高技术研究发展计划成果产业化基地”和“国家高技术研究发展计划成果产业化基地”。该公司产品包括：RH6 弧焊机器人、RDl20 点焊机器人及水切割、激光加工、排险、浇注等工业机器人及特种机器人。沈阳新松 2013 年完成产值 13.2 亿元，产能约 2 000 台。其中工业机器人 4.1 亿元、物流仓储成套设备 4.1 亿元、自动化装备与监测生产线 4.3 亿元、交通自动化系统 0.67 亿元。

博实公司的技术主要来源于哈工大，在石化化工行业的后处理智能成套装备市场，占据了绝对的市场份额。博实公司生产的嵌入码垛、装箱机器人等整条流水线，广泛应用于石油化工、煤化工、粮食食品、医药、建材等领域，主要客户为中石油、中石化、中海油、神华、中煤、海尔、宝钢、GE、杜邦、新疆建设兵团等世界知名企业和上市公司，受到国外市场广泛认可。2016 年，该公司研制的具有完全自主知识产权的高温炉前作业机器人在示范应用中取得成功，开创了国内电石生产企业出炉自动化、智能化的先例。

广州数控是国内领先的成套机床数控系统供应商，数控系统产销在行业连年领先。多年的数控系统技术积淀，使得广州数控的机器人业务发展顺利。截至 2015 年，广州数控机器人累计销售超过 1 200 台（套）。该公司攻克了工业机器人核心部件减速器的设计原理和生产工艺，掌握了被国外垄断的工业机器人本体制造的全套核心技术，实现了 95% 以上的机器人部件的自主研发。此外，在机器人关键零部件伺服系统和减速器上，公司计划 2017 年实现年产 1 万台工

业机器人、精密减速机 3 万个；2020 年实现年产 3 万台工业机器人，实现产值 30 亿元。

华中数控股份有限公司在机器人业务的战略布局上一直呈扩张态势，设立了两家机器人子公司：深圳华数机器人有限公司和重庆华数机器人有限公司。投资 7 370 万元建设华中数控数字化装备园，作为公司及其子公司储备特种数控专机、工业机器人和功能部件等产品的生产基地，以及以数控系统、伺服驱动和伺服电机为核心的研发、测试验证基地。机器人业务主要集中在机器人核心零部件、机器人整机、机器人自动化生产线的研发、制造、销售和服务等方面。公司研发的四轴冲压机器人，已成功应用于棒料冲压、板料冲压等领域；六轴多关节机器人，已广泛应用于焊接、拼装、喷涂、搬运等领域。

在工业机器人技术研发领域，我国相关科研机构和企业已基本掌握工业机器人操作系统技术，工业机器人控制、驱动系统的设计技术，机器人软件的设计和编程、运动学和轨迹规划技术，具有大型机器人自动生产线、机器人工作站、周边配套设备的开发和制备技术，开发出了弧焊、点焊、装配、搬运、注塑、冲压、涂装等工业机器人。

我国已基本掌握工业机器人关键零部件的生产技术。在工业机器人控制器方面，国内的新松机器人、埃斯顿、广州数控等企业拥有自主研发的机器人控制器，其功能基本满足机器人的控制需求。在伺服电机领域，汇川技术、华中数控、广州数控等企业已经实现批量生产。在减速机方面，南通振康、苏州绿的等企业已推出相对成熟的产品。在工业机器人本体方面，新松关节型机器人的负载能力、定位精度和响应速度等指标已基本达到 ABB 同类产品的水平，广州数控关节机器人的定位精度、新时达的定位精度及响应速度均已达到国际水平。在并联机器人领域，国内新松机器人、广州数控等企业的并联机器人在工作范围、重复定位精度和响应速度等方面与国外先进水平差距较小。在系统集成方面，新松机器人等国内企业在机器人系统集成技术方面已经达到国际水平。

二、智慧工厂

1. 智慧工厂概述

随着通信与网络技术的发展，智能化不再局限于单台设备，而向制造系统、生产车间和工厂企业延伸。当代的生产实践也表明，制造不仅涉及产品或零件的加工环节，而且包括产品设计、生产、管理及服务在内的产品全生命周期。这种变革迫切需要研究新的技术手段和生产模式，以支撑对产品设计、生产、管理及

服务各阶段的动态管理，智能车间与智慧工厂应运而生。随着智能制造在全球范围的快速兴起，作为未来制造企业的重要模式的“智慧工厂”（Smart Factory，或 Intelligent Factory）成为制造业关注的焦点。智慧工厂旨在借助现代科学技术对产品全生命周期进行有效管理。

在产品设计阶段，智慧工厂强调产品设计过程的智能化和产品自身的智能化。产品设计过程的智能化包括：设计工具或软件的智能化，如智能 CAD 软件等；产品设计数据和信息管理的智能化；仿真及分析工具或软件的智能化；产品原型验证和检验的智能化等。产品自身的智能化包括：产品能存储自身的设计信息、生产管理信息和销售服务信息。产品在使用过程中能感知并记录自身的运行状态、运行环境和用户特征等。产品能根据运行状态、运行环境和用户特征调整自身功能和运行参数，以主动适应运行环境和用户习惯。产品能预测自身性能变化，提示维护、维修、报废、回收等信息。

在生产阶段，智慧工厂强调对生产全流程的监控、调度与优化，其核心是制造执行系统（MES）的智能化，更多地采用智能化方法实现产品数据管理、物料库存管理、供应链管理、生产数据管理、工具工装管理、设备与生产线管理、人力资源管理、计划排程管理、生产调度管理、生产过程控制、质量管理、成本管理、底层数据集成分析及上层数据分解等。

在管理阶段，智慧工厂强调全方位收集企业的经营、战略、管理、生产和服务等信息，收集国内外行业动态及国家行业政策等，并采用智能化方法对上述信息进行加工、处理、传递、储存及检索，通过先进的智能化分析与决策支持技术，协助企业高层管理者制定企业战略发展规划，提高决策的科学性、可行性和时效性。

在服务阶段，智慧工厂强调借助信息网络打造产品、客户和上下游企业生态圈，提供智能化的产品服务、客户服务和上下游企业服务。在产品服务方面，通过智能产品的联网功能，实时监控产品运行，根据产品运行状态、运行环境和用户使用特征，不断优化产品功能和运行参数。在客户服务方面，智能产品将成为客户与企业的“情感纽带”，不仅为客户提供所需的功能服务，同时还是客户与企业之间的互动平台。通过智能产品，企业可以自动收集客户使用产品的情况、偏好以及对产品的建议，在智能算法的支持下，不断改进产品和客户服务。在上下游企业服务方面，重点是供应链管理的智能化，依托供应链构建虚拟企业联盟，优化企业内外资源，缩短现金周转时间，降低企业面临的风险。

智慧工厂是自动化生产线、数字化车间与工厂不断发展、进步的自然结果。在智慧工厂中，智能化理论与技术得到更广泛和更深入的应用，一些过去必须由专业技术与管理人员完成的工作，逐步交由智能系统自主完成，使产品设计、生产、管理和服务过程变得更“聪明”，而专业技术与管理人员则有更多时间从事更为智能化的工作。

2. 国外智慧工厂产业发展概况

2009 年，IBM 发布“智慧地球”的构想之后，即着手推动“智慧工厂”理念的落地。“智慧工厂”受全球关注则源自德国于 2012 年制定的《工业 4.0》计划，该计划重点之一是构建“智慧工厂”。通过研究智能化生产系统及过程，以及网络分布式生产设施的实现，推动工业智能化，构建一个绿色的、人性化的工厂。2014 年，美国 RnR 市场研究公司发布了《关于技术、现场设备与应用的智慧工厂市场全球预测与分析报告（2013—2018）》。报告预测，全球智慧工厂市场以及工业自动化产业将在 2013—2018 年，以 8.08% 的年均复合增长率增长，在 2018 年达到 2 460.3 亿美元。其中智慧工厂市场规模 2014 年约 167 亿美元，2015 年预估会增加至 180 亿美元，到 2018 年则有机会达到 235 亿美元，年增长率约保持在 7% ～ 11%。在智慧工厂的应用市场领域，自动化与运输应用市场，采矿、矿物和金属行业预计将取得较高增长率。现场设备市场的表现要强于封装应用技术市场。

德国安贝格电子工厂（EWA）由德国西门子（Siemens）集团于 1989 年建成投产，是西门子公司“数字企业平台”的典范。2013 年，西门子公司在中国成都高新区建成了德国安贝格电子工厂的姊妹工厂 —— 西门子工业自动化产品成都生产研发基地。德国安贝格电子工厂生产的每一件元器件，都拥有自己的数据信息，数据在研发、生产、物流的各环节不断丰富，生产过程信息实时保存在 Simatic IT 生产执行系统中。基于这一数据库，企业资源计划（ERP）、产品生命周期管理（PLM）、制造执行系统（MES）、控制系统以及供应链管理实现信息互联。EWA 拥有高度数字化的生产流程，能灵活实现小批量、多批次生产，相较 1986 年，该工厂的产能提升了 8 倍，平均每秒生产一件产品，质量提高了 40 倍，产品种类达 1 000 种，合格率高达 99.998 8%，生产线可靠性达到 99%，可追溯性高达 100%，上岗员工只需要 10~35min 的安全培训，就可以胜任相应的工作。

德国博世洪堡工厂的智能生产线能够切换生产 6 大家族产品、2 000 种不同

规格产品，并且实现小批量定制化生产，甚至是单一产品生产。该生产线因实现了人、机器、物体与 IT 系统的最佳互联，被德国知名行业杂志授予“工业 4.0 奖”，是切实可行的工业 4.0 创新解决方案的典范。

博世洪堡工厂的整个生产过程都通过射频识别（RFID）技术的运用达到高度自动化，包括原材料输送系统、零件的登记注册、下订单、确认和追踪等程序。除了人工将零配件装入流水线之外，所有程序都是通过设备与设备之间的数据阅读，由机器人自动完成，实现了智能化原材料输送。博世洪堡工厂的国际生产网络系统通过大量的数据收集和分析，实时保证全球 8 个国家 20 条生产线持续不断地进行标准化生产。另外，流水线操作状况监控和支持系统、远程技术支持和高效设备管理系统均是智慧工厂的重要体现形式。该生产线在提升生产效率 10% 的同时，减少 30% 的库存。

Tata 汽车有限公司在印度 Gujarat 投资 41 700 万美元，建造了一座具有智能化特征的工厂。该工厂内的每一生产环节均融入了智能化特征，生产线能够依据客户偏好和订单需求进行调整，实现小批量、个性化生产。工厂内各零部件均带有“身份”信息，数据管理系统能够追踪每个零件的来源，并快速确认零件状态，解决任何可能产生的质量缺陷和安全问题。此外，该工厂的管理网络与智能电网互联互通，智能调控生产线生产计划，在能源最为充沛或能源成本最为低廉的时段大量投入设备运行以降低成本。

美国通用汽车在全球范围内拥有数十家模拟实验室，采用数字化模型来进行汽车的模拟设计。通用公司的新产品以 3D 图像显示在屏幕上，设计师和技术专家通过研究这些图形，开发出合理的零部件体系和生产流程，不仅极大地避免了生产过程中的冗余，更创造了源源不断的利润。应用数字设计技术，通用将轿车的开发周期由原来的 48 个月缩短到 24 个月，碰撞试验的次数由原来的 100 多次降到 50 次，应用电子商务减少了销售成本 10%。

谷歌公司在 2012 年 4 月发布了具有增强现实功能的“谷歌眼镜”。为此，智慧工厂创新联盟成立了专门的项目组，打算将该技术用于工业维护系统，通过头盔式显示器，将多种辅助信息显示给用户，包括虚拟仪表的面板、被维修设备的内部结构以及被维修设备零件图等，从而大大提高维护效率。同时，利用该工厂辅助系统支持、帮助和培训新一代工作人员，形成企业人才培育新方法。

3. 我国智慧工厂产业发展概况

2011 年，由德国倍福自动化和北京易能立方等几家自动化公司联合发起组

建了一个行业性非营利组织——中国科技自动化联盟。该联盟于 2012 年在工业应用领域提出了“智慧工厂 1.0”这一概念。在核心观点上，智慧工厂与德国工业 4.0 战略不谋而合。中国科技自动化联盟定义了智慧工厂 1.0 的框架，其核心是由数据—信息—知识—决策四个环节所构成的智慧链。该框架的顶层是企业商业框架（包括战略、愿景、文化价值观），下一层是企业的管理基础和技术（包括 IT 和自动化）基础，再一层是智慧工厂三大集成，即横向集成、纵向集成和生命周期价值链集成，底层是智慧工厂实现的效果或特征（包括信息一致性、全厂安全、系统能效等）。

从 2015 年开始，国家工业和信息化部实施了智能制造专项行动，并选择钢铁、石化、纺织、轻工及电子信息等领域开展智慧工厂应用示范。2015 年 11 月，我国成立了第一个智慧工厂行业组织，由沈阳飞机工业集团、华中数控、中科院自动化所等 30 多家企业作为首批发起单位，组建了“中国机电一体化技术应用协会智慧工厂分会”，旨在推动智慧工厂的技术理论研究和建设与示范，构建智慧工厂的政策研究、标准制定、技术线路图、应用示范等交流与合作平台。

九江石化作为中国的第一家智慧工厂试点，为实现可视化、实时化、智能化的生产和管理要求，与华为进行战略合作，在信息通信、生产协作、智能管理等领域开展广泛合作，共同打造世界一流智慧工厂的基础设施。基于华为在通信和数据信息方面的技术实力，完成了工厂 LTE 无线宽带网络、调度系统、视频会议系统、视频监控系统、存储、巡检终端等设备的布局。虽然目前该工厂还未达到工业 4.0 所要求的智慧工厂的运营标准，但在未来，依靠华为在大数据、云计算方面的技术优势，九江石化将建成一个高效完善的云数据中心，实现虚拟化、云计算等 IT 智能化管理，进一步节省能源消耗率，提升资源利用率，实现更智能化的运营。

徐工集团的起重机智能化工厂内，关键数控设备及大型加工中心全部联网，从物料运输到生产检测，几乎所有工序都在云端完成，实现了对车间现场网络化监控和可视化管理。同时，通过 MES（制造执行系统）与 ERP（企业资源规划）系统的全面集成，实现了生产过程的自动化管理和控制，提高了企业柔性生产制造水平。通过 MES 系统，各个生产单元之间的协同更加及时，生产订单进度、生产瓶颈工序、工人绩效、产品生产质量等生产模型，均由量化数据体现；MES 系统实时记录制造过程中的在制、工时、人员等信息，整个生产过程可追溯，为技术研发人员提供了及时准确的多样数据。另外，通过 MES 系统的实施，快速

建立了及时决策体系，对生产现场出现的问题第一时间反馈给管理者，并采取最快的速度解决问题，后期大量的 SPC 统计分析报表也为企业决策层提供了丰富的管理依据。

海尔的“黑灯智慧工厂”采用了高柔性的全自动无人生产线，装配了 200 多个 RFID、4 300 多个传感器、60 个设备控制器，并且采用 IMES 全程订单执行管理系统，全面实现内外互联、信息互联和虚实互联三大互联。用户可通过海尔定制平台，依据个人喜好，定制具有个性化需求的产品，形成了企业与用户需求数据无缝对接的智能化制造体系。生产线上的操作工人由 92 人减为 1 人，平均 10s 就能诞生一台冰箱。

三、云制造

1. 云制造概述

云制造经历了 1.0 和 2.0 两个发展阶段。智慧云制造（云制造 2.0）是一种互联化、服务化、个性化、定制化及社会化的智慧制造新模式和新手段，具体而言，是基于各种网络的面向服务的智慧化的制造新模式，是以人为中心，将信息化制造、新兴信息技术、智能科技等领域多种技术深度融合的产物。根据李伯虎院士的介绍，智慧云制造“将各类智慧制造资源和智慧制造能力虚拟化、服务化，构成智慧制造资源和制造能力的服务云池，使用户通过终端、网络和智慧云制造服务中心，能随时随地按需获取智慧制造资源与智慧能力服务”。

云制造把“软件即服务（SaaS）”的理念拓展至“制造即服务（Maas）”，将分散的制造资源（包括制造全生命周期活动中的各类制造设备及制造过程中的各种模型、数据、软件、领域知识等）和制造能力虚拟化接入到云制造服务平台，使用户通过终端及云制造服务平台对制造全系统、全生命周期活动中的人、机、物、环境、信息进行智慧地感知、互联、协同、学习、分析、预测、决策、控制与执行，使制造全系统及全生命周期活动中的人 / 组织、经营管理、技术 / 设备及信息流、物流、资金流、知识流、服务流集成优化，进而高效、优质、低耗、柔性地制造产品和服务用户，提高企业或集团的市场竞争能力。云制造形成巨大的制造资源池和制造能力库，有利于实现资源优化配置，提升制造资源和能力应用的综合效能，实现企业制造资源、能力、知识的全面共享、协同和按需使用，达到多方共赢的目的。

相比敏捷制造，云制造综合了敏捷制造的敏捷化理念，同时强调绿色化、个性化和服务化等思想，在应用模式与组织实施方面，云制造平台更为开放，协作

联盟和业务范围更为广泛，资源种类及数量更为丰富，业务过程经验、知识积累更为深厚。

相比网络化制造，云制造是网络化制造的一种新的形态，网络化制造的典型应用模式制造网格（MGrid）和应用服务提供商（ASP）在一定程度上已经初步构建了云制造服务的雏形。MGrid 提出了一种资源共享的服务思想，ASP 提供了一种企业信息化的应用模式，二者的有机融合构成了面向服务的新型制造模式——“云制造”模式。但由于云制造融入了云计算、物联网、服务技术等技术和架构，与 MGrid 和 ASP 相比，有鲜明的特点和优势。云制造能够有效地解决分布式异构制造资源和制造能力的异构集成问题，支持多用户或大规模复制制造任务间的协同和互操作，可更加敏捷快速地响应用户的服务需求，最终实现企业合作过程全生命周期智慧制造。对于制造资源或能力过剩的企业而言，可以将其资源虚拟化接入到云制造服务平台，提高资源的利用率。对于制造资源或能力不足的企业而言，云制造服务平台支持以多租户方式按需租用或调用云服务的方式来完成相应制造任务。云制造模式降低了企业的准入门槛，提高了制造的敏捷性，能够充分发挥企业的群体创新能力，从而实现智慧制造。

相比云计算，云制造进一步丰富了云计算的服务内容，“制造即服务”的理念是云计算在制造业领域的应用和发展，促使企业从生产型向服务型的转变，通过将所有制造资源、制造能力等封装成云服务提供给用户，实现产品高附加值、低成本和全球化制造的高效服务。

云制造的架构由物理资源层（P-Layer）、云制造虚拟资源层（R-Layer）、云制造核心服务层（S-Layer）、应用接口层（A-Layer）、云制造应用层（U-Layer）以及面向制造业的各个领域和行业的访问层六个层次组成，包括制造云运营者、资源提供者和资源使用者三个主体。资源提供者将自身的制造资源和能力封装成云服务，通过虚拟化接入方式发布到第三方运营平台，为自身创造更多的合作机遇；资源使用者根据自身制造任务的需求，可以动态按需申请使用从制造云运营者提供的服务平台（云制造服务平台）提供的各类应用所需的云服务；制造云运营者实现对云服务的高效管理、服务计费、运营等，并根据资源使用者全生命制造周期的应用请求，动态、灵活地为资源使用者提供云服务，并支持合作伙伴之间的协同与交互。在理想情况下，云制造支持制造业在广泛的网络资源环境下，为产品提供高附加值、低成本和全球化制造的服务，实现制造资源的高度共享。通过建立共享制造资源的公共服务平台，将巨大的社会制造资源池

连接在一起，提供各种制造服务，以实现制造资源与服务的开放协作以及社会资源的高度共享。企业用户无须再投入高昂的成本来购买加工设备等资源，可以通过咨询公共平台来租赁制造资源。云制造将实现对产品开发、生产、销售、使用等全生命周期的相关资源的整合，提供标准、规范、可共享的制造服务模式。这种制造模式可以使制造业用户像用水、电、煤气一样便捷地使用各种制造服务。

当前，我们正处于一个庞大的、互联的、分散的互联网系统时代，大数据、大企业、庞大的财务网络和复杂的经济生态系统遍布全球。云制造将催生无数个“蚂蚁工厂”，以 3D 打印为基点，云制造将在移动式互联网的支撑下，把全球成千上万的“蚂蚁工厂”连接起来，实现制造资源和制造能力共享与协同，为社会提供低成本和全球化制造的个性定制服务，每个独立的、个体的“蚂蚁工厂”，它们既可以独立自主生产，又可以实现集体创造，共同协作完成一个大件商品。云制造模式和技术的研究与应用将会促进我国制造业向“产品”加“服务”为主导的“集成化、协同化、敏捷化、绿色化、服务化、智能化”的新经济增长方式发展，进而加快我国制造业实现“智慧化制造”，提高制造企业的自主创新能力和市场竞争能力，推进实现中国制造由大变强的战略目标。

2. 国外云制造产业发展概述

全球制造企业正在改变传统的“制造 + 销售”的简单业态，逐步向“技术 + 管理 + 服务”的复合业态转变，企业转变为提供专业服务的中心，在产品研发、制造、咨询、贸易等各个层面提供各种高附加值服务。英国罗尔斯 • 罗伊斯（劳斯莱斯）公司改变单一出售发动机的模式，出售“租用服务时间”，租用期内承担一切保养、维修和服务，服务收入达到公司总收入的 50% 以上。

这一产业经营模式的转变使“云制造”的理念和技术在国内外学术界和产业界引起广泛的关注。制造业发达国家已经开展“云制造”模式实践，在 IBM、Google 等大型跨国企业和政府机构受到了高度重视。2010 年 8 月，欧盟第七框架投资 500 多万欧元启动制造云项目（ManuCloud），项目由弗劳恩霍夫研究院、制造技术和自动化研究所（IPA）负责，英国、德国、匈牙利和奥地利 4 个国家的高校、研究所和企业共同参与，其目的是在一套“软件即服务”（software-as-a-service）应用支持下，为用户提供可配置制造能力服务。该项目的研究成果现已在汽车领域及照明行业进行初步的应用。2013 年，欧洲启动 CAPP-4-SMEs 项目，由 11 个合作伙伴在三年的时间内，搭建易于访问有成本效益的云制造服务平台，通过云制造服务平台共享学术和工业上的专业知识，实现知识的共享，传播科研

成果，提高欧盟的工业应用能力和技术水平。韩国 POST-ECH 机构的研究人员提出通过泛在计算技术设计和制造的理念，即泛在设计和制造（UbiDM），通过泛在计算技术获取产品整个生命周期的信息，进行产品设计和制造。此外，美国微软公司、新西兰的奥克兰大学等研究机构也提出了对云制造的理解和研究。

美国的 Salesforce 公司专门针对企业提供云服务的解决方案，为“云制造”的可行性提供如 SalesForce、CRM、SalesCloud 等简化的技术应用平台。

美国的 MFG.com 平台是目前世界上最大的制造能力交易平台，致力于为全球制造业伙伴提供更加快捷高效的交易平台。该平台汇集了全球范围内的零部件采购商的采购需求，并依据行业的不同，将这些具有即时性和定制性的需求进行分类处理，不仅对市场资源配置进行了有效的优化，而且大大地提高了采购效率。

美国越野赛车制造厂商 Local Motors 通过众包的方式，将汽车的全部个性化设计与制造过程众包给不同社区，仅用 18 个月的时间，就在干洗店大小的微型工厂实现了汽车从图样设计到上市。

美国波音公司采用基于网络协同、制造服务外包的模式，组织全球 40 多个国家和地区的企业协同研发波音 787，采用了制造服务外包的模式，通过网络协同、制造服务外包等方式组织不同地区的不同企业联合研发，使研发周期缩短了 30%，成本减少了 50%。

3. 我国云制造产业发展概述

中国工程院院士李伯虎在制造服务化的大背景下，于 2010 年提出了“云制造”这一网络化制造的新模式，得到了我国政产学研各界的广泛关注。国家“863”计划将《云制造关键技术研究》列入重大研究项目，旨在推动云制造理念的“落地”及进一步的推广应用。“十二五”规划中进一步指出云制造是提升我国制造业竞争力和创新能力的新技术。2013 年，工信部提出《6+1 专项行动》，将“工业云创新服务”列入《信息化和工业化深度融合专项行动计划（2013—2018 年）》。2015 年，《中国制造 2025》战略规划与《互联网 +》行动计划被相继提出，而智慧云制造作为互联网时代的一种智慧制造，是实施《中国制造 2025》和制造领域的《互联网 +》行动计划的一种制造模式和手段。目前，工信部已在北京、上海、天津、江苏和山东等 16 个省市启动《工业云创新行动计划》，部分省市正开展云制造应用示范。佛山、襄阳、北京、上海和宁波等智慧城市建设中也正在实施智慧云制造。我国智慧云制造正催生一批面向制造企业提供云服务的第三

方专业服务商，以及开发实施云服务技术与系统的软硬件企业。云计算、大数据、嵌入式仿真、移动互联网、高性能计算和 3D 打印等技术的快速发展，为加强我国云制造的智慧化提供了技术支撑。李伯虎院士表示：“目前，我国智慧云制造阶段成果应用初见成效，我国正处于云制造 2.0 阶段。如：面向航天复杂产品的集团企业云制造；面向轨道交通装备的集团企业云制造；支持企业业务紧密合作的中小企业云制造；支持产业集群协作的中小企业云制造等均已落地，但形成云制造产业链尚需要时间以及各方面的共同努力。”

在理论与技术研究方面，北京航空航天大学、中国航天科工集团第二研究院（航天二院）、清华大学、中科院软件所、北京机械工业自动化研究所、哈尔滨工业大学、重庆大学、华中科技大学、武汉理工大学、机械科学研究总院、北京计算中心、北京理工大学、北京交通大学、西安交通大学、同济大学、东南大学、合肥工业大学、广东工业大学及深圳大学等高校与研究所，率先开展了云制造的核心理论与技术研究工作，对云制造的服务模式、体系架构、关键技术进行了探索，并着手制定云制造的标准与规范。

在集团企业云制造平台研发与应用示范方面，航天二院、中国北车股份有限公司（北车集团）等大型集团企业正在研发与构建集团企业云制造平台，以航天复杂产品和轨道交通装备等重大关键产品制造为应用背景，提供论证、设计、生产、仿真和管理等制造全生命周期的各阶段服务。

在中小企业云制造平台研发与应用推广方面，北京清软英泰、北京恩维协同科技有限公司、北京慧点科技开发有限公司、东莞华中科技大学制造工程研究院、广东电子工业研究院有限公司和杭州爱科电脑技术有限公司等软件服务商正在研发面向中小企业的云制造平台，并且在模具、服装和柔性材料等行业开展了初步应用。

在云制造运营中心实体建设方面，航天二院和北车集团正在集团内部建立云制造服务中心，统筹利用各种制造资源为集团全生命周期制造业务服务；东莞华中科技大学制造工程研究院和北京恩维协同科技有限公司正在建设面向中小企业的行业服务中心，将其作为第三方服务与运营中心，为中小企业间的制造能力交易提供服务。

云制造的实施是一项长期渐进的战略性系统工程。在企业内部的需求驱动，企业外部的政府政策引导下，基于云制造模式、技术和应用方面已取得了相应的研究成果，不少企业和区域已开始探索和实施云制造，促进了云制造的产业应用，

并有效地带动了云制造研究的突破。下面从私有云和公有云两方面枚举和总结云制造的产业应用现状。

（1）私有云　私有云制造平台基于组织内部网构建，主要面向集团企业内部。目前，已有神舟航天软件公司构建了科研协作型的云制造平台、一汽集团构建了生产物流协作型的云制造平台、航天二院构建了以设计和仿真为主线的云制造平台等。

神舟软件公司面向中国航天科技集团，在云计算基础设施的基础上，组建了集团数据中心、共享资源服务中心和信息系统运维管理中心，重点将各种性能计算软件、大型检测试验设备和知识资源等制造资源接入云平台，在集团内部提供多学科协同设计、测试试验资源管理、工艺资源匹配优化、快速排产与动态调度四大类的云服务。目前该平台已在神舟软件公司和航天科技集团内的航天一院、航天五院等部门推广使用。

一汽集团基于集团内部已有的计算资源，进一步构建了高性能云计算基础设施，面向一汽集团下属的技术中心、制造技术部、采购部、解放汽车公司等，重点将设计分析仿真软件、试制设备、大型检测试验设备、知识资源（设计数据、供应商资源、物料编码、备件信息）、物流运输设备等作为平台的接入资源，在集团内部提供协同设计、试制试验、设备备件、采购交易和物流运输五大类服务。该云平台已在一汽集团下属的几个部门实际运行，取得了较好的应用效果。

航天科工集团二院搭建的面向复杂航天产品集团企业的云制造服务平台，封装了十多种、300 套机械、电子、控制等多学科大型设计分析软件及其许可证资源，总装联调厂等三个厂所的高端数控加工设备、企业单元制造系统及制造各阶段专业能力，实现了基于云制造的资源共享使用模式、协同设计仿真模式、基于三维模型的云制造跨阶段协同模式、面向制造能力的云排产模式。该平台支持包括总体部、专业所、总装生产厂等 7 个以上二级主体单位之间进行资源整合、共享，以及开展论证、设计、仿真、生产阶段的协同研制。打破了以往主体单位之间、型号之间的壁垒，形成了若干新的研制模式，型号的数字化研制能力得到了有效提升，制造资源利用率显著提高。

中国北车集团搭建的面向轨道交通装备集团企业的云制造服务平台，通过资源整合、需求整合和按需优化配置，建立了公司总部（决策中心）—事业部（利润中心）—业务单元（成本中心）的统一管控模式，将分散建设阶段快速转型到统一建设阶段，实现市场、技术、采购、生产和财务的统一运作。该平台集成了

资源管理器、构建管理器、流程管理器、云企业管理器和功能管理器等，可实现制造资源虚拟化、虚拟制造资源组合和管理、制造服务管理等功能，实现了轨道交通装备产品设计、制造、管理的高度协同与深度集成。

（2）公有云 公有云平台基于因特网构建，面向公共社会。在公有云的平台层次，已有中国模具云平台、中小企业云制造服务平台、云应用中心、国云在线（汇聚系统软件提供服务和服务的平台）、刀网（传统的刀具制造行业网站向云制造服务平台转型的行业平台）等一些已经或接近商业化运营的云制造平台；在公有云的服务内容层次，已有恩维、Cisco、SAP、Sales force、阿里巴巴等一些专门提供基础设旅服务或软件服务的制造云服务提供商，例如，恩维、SAP 等提供生产制造管理、供应链管理等制造信息化软件，阿里巴巴、Cisco 等提供高性能服务器、存储、带宽等基础设施。

北京恩维协同科技有限公司研发了支持企业业务紧密合作的中小企业云制造服务平台。该平台已经在装备制造、服装、铸造、陶瓷、灯具照明、家具及电器等行业领域展开了应用，已经为 500 余家企业提供“云管理”服务应用。该平台面向广大中小企业，提供企业注册展示、制造云服务注册发布、需求发布、云服务匹配和服务评价等功能。该平台由服务提供方直接封装并发布云服务，由服务提供方自主决定服务的交易价格，平台运营商不介入服务封装和交易的具体过程。

东莞华中科技大学制造工程研究院等单位以模具、柔性材料制造行业的中小企业产业集群为典型行业对象，研发了支持产业集群协作的中小企业云制造服务平台。该平台实现了地区加工能力、设计能力和制造设备等各种制造资源的合理配置，催生跨行业融合的新型服务业，同时也可解决产业升级、产品设计能力、产品质量、市场竞争力、生产规模和速度等方面的一系列问题。该平台的主要功能包括制造服务 / 能力注册、服务智能搜索、服务交易、服务评价、模板管理等功能，平台已在模具、柔性材料等行业展开了应用。

浙江大学等单位研发了针对宁波模具行业的云制造服务平台。该平台目前主要面向宁波地区的模具行业提供模具生命周期相关的云服务，支持任务管理、基于任务的服务组合、服务检索和交易、服务评价、资源管理、服务管理、监控和分析等功能。该平台由资源提供方提供资源给平台运营商，由平台运营商集中封装、发布和管理云服务，平台运营商介入服务封装和交易过程，可决定服务交易的价格和交易过程，因此，该平台对运营商及其业务人员的要求较高，资源提供方的权力相对较小。

杭州新迪数字工程系统有限公司开发的3DSource制造业云应用中心是在3DSource网站资源的基础上，运用最新的云计算技术所构建的云应用中心。3DSource制造业云应用中心在原先150多万个标准零部件和企业零部件三维模型资源的基础上，汇集了20 000多个应用，通过客户端来提供在线服务。用户可以将自己的应用资源上传到云应用中心，经运营商审核批准后，进行发布、共享及盈利。应用中心提供分类树浏览和关键字检索两种应用服务获取方式。云应用中心是传统的平台向云制造服务平台过渡的形态，目前主要是提供三维模型、工程图样、工具软件、设计手册和标准等软资源类的服务，功能还比较简单，但已商业化应用。

四、工业大数据

1. 工业大数据概述

近些年，由于计算机、物联网和传感技术的发展，“一切皆可数据化”的思维开始在现实生活中流行，数据的产生方式也由“人机”“机物”的二元世界向着融合社会资源、信息系统以及物理资源的三元世界转变，数据规模呈膨胀式增长。1990年，全球第一个Web服务器诞生，人们在软件支持下发布包括文本、表格、图片、音频、视频的碎片化超媒体信息。随后20多年里，信息在各个领域中不断增多。互联网领域中，谷歌搜索引擎的每秒用户量达到200万次，Twitter每天的发布量已经超过了3.4亿次；科研领域中，仅某大型强子对撞机在一年内积累的新数据量就达到15 PB左右；电子商务领域中，作为世界连锁性企业沃尔玛，其每小时可处理的客户交易可超过100万笔，相应为数据库注入超过2.5 PB的数据；航空航天领域中，仅一架双引擎波音737在横贯大陆飞行的过程中，传感器网络便会产生近240 TB的数据。综合各个领域，目前积累的数据量已经从TB级上升至PB、EB甚至已经达到ZB级别。预计到2020年，全球的数据量将达到35ZB，其数据规模已经远远超出了现有计算机所能够处理的量级，而且全球的数据量正以每18个月翻一倍的速度呈膨胀式增长。计算、存储、交互等各类数据库的不断膨胀，变成如今的“大数据”。

“大数据（Big data）”这一词语并非近几年才出现，该词最早是由美国著名未来学家Alvin Toffer在1980年出版的《第三次浪潮》一书中提出。Alvin Toffer表示：“如果说IBM的主机拉开了信息化革命的大幕，那么‘大数据’才是第三次浪潮的华彩乐章。”2000年，“大数据”一词正式出现在学术期刊中，Diebold所撰写的一篇关于金融建模的文章中首度提及此词。2008年，《Nature》

推出了大数据专刊，对其展开探讨。2011 年，《Science》也推出类似的数据处理专刊。大数据并不等同于大规模数据，Viktor Mayer — Schnberger 和 Kenneth Cukier 在《“大数据”时代》中提出：大数据应具有 4V 特性，即 Volume（数据量大）、Velocity（数据处理速度快）、Variety（数据具有多样性）和 Value（数据价值密度低）。IBM 公司其后又补充了 1 个特点，即 Veracity（真实性）。根据我们的理解，大数据除了上述 5V 特性外，还具有 Vast（广域性）。

大数据是需要新处理模式才能具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化能力的海量、高增长率和多样化的信息资产。从宏观世界角度来讲，大数据是融合物理世界（Physical world）、信息空间和人类社会（Human society）三元世界的纽带。物理世界通过互联网、物联网等技术形成了在信息空间中的大数据反映，人类社会借助人机界面、脑机界面、移动互联等手段在信息空间中产生自身的大数据映像。从信息产业角度来讲，大数据已成为信息技术领域新的增长点。Gartner 将“大数据”技术列入 2012 年对众多公司和组织机构具有战略意义的十大技术与趋势之一，预测到 2016 年全球在大数据方面的总花费将达到 2 320 亿美元。未来工业将成为大数据发展的重要领域。从社会经济角度来讲，大数据是第二经济（Second economy）的核心内涵和关键支撑。第二经济的概念是由美国经济学家 Auther 在 2011 年提出的。他指出，由处理器、链接器、传感器、执行器以及运行在其上的经济活动，形成了人们熟知的物理经济（第一经济）之外的第二经济（不是虚拟经济），其本质是为第一经济附着一个“神经层”，使国民经济活动能够变得智能化。Auther 预测，到 2030 年，第二经济的规模将逼近第一经济，而第二经济的主要支撑是永不枯竭并不断丰富的资源产业 —— 大数据。借助于大数据，未来第二经济下的竞争将不再是劳动生产率而是知识生产率的竞争。目前，大数据在金融、互联网、电商、在线广告等领域已有深入应用。在银行和保险领域，大数据分析已不鲜见；在互联网行业，公司通过大数据技术进行商品推荐以及用户体验分析；在零售行业，大型购物中心和地产商通过部署线下 wifi 和监测点，收集用户、访客相关的数据，从而有针对性地进行营销推广。未来工业将成为大数据应用的重要领域。大数据时代的到来颠覆了工业界、学术界对传统数据的认知，同时也引起了数据获取、存储、分析、挖掘以及可视化等技术的变革。在大数据背景下，新型数据库的开发，大规模存储设备的研制，云存储服务方案的提出等大数据相关技术的更新换代，为大数据价值的快速、有效挖掘提供了技术基础。

工业大数据从字面上理解，是指在工业领域信息化应用中所产生的大数据。同消费、商业中的大数据概念相比，工业大数据面临着更多的挑战。随着信息技术在工业企业产业链各个环节的逐步渗透，条形码、二维码、RFID、工业传感器、工业自动控制系统、工业物联网、ERP、CAD/CAM/CAE/CAI、互联网、移动互联网、物联网等技术在工业领域的应用，工业企业所拥有的数据量和数据类型也日益丰富。同时，工业生产线长期处于高速运转状态，由工业设备所产生、采集和处理的数据量远大于企业中计算机和人工产生的数据，对数据的实时性要求也更高。在数据量上，一些大型的工业企业，比如生产个人护理产品的 CPG 公司，与 Facebook、Google 等互联网公司一样，面临着不断增长的数据存储的压力。CPG 公司每 33ms 产生 5 000 个数据样本，也就是每秒产生 152 000 个样本，每分钟有 900 万个样本，每小时就是 5.45 亿个样本，每个轮班则多达 40 亿个样本，每年 4 万亿个样本。显然，海量数据存储的要求远远超过了传统数据管理系统的能力范围。此外，管理工业大数据的困难不仅限于大数据量。工业数据的来源多样，且具有不同的格式和标准，有来自于各种管理系统的关系型数据，还有生产流程数据、视频监控数据等非关系数据，能存储的非结构化或半结构化数据。在不同的信息来源之间，就算是同类型数据也有可能因为软件厂家不同，设备生产商不同等等因素，数据的格式完全不同，经常存在孤立的信息“岛”。总体来说，工业大数据具有大体量、多源异构、分布广泛、价值密度低、动态增长等几个特点，因为这些与传统数据不同的特点，使得工业大数据的数据管理面临着新的挑战。

目前，制造业对数据的利用水平明显落后于其他行业，尤其是面向 B2C 的企业。B2C 典型的代表电商公司，能通过大数据技术追踪消费者浏览商品的行为，从而推算出需要的商品，并给出其他消费购买的概率，以此引导购买行为。而制造企业相对比较传统，部分企业 ERP 系统仅管理单一产品线，企业收购与兼并后，资源的整合成为问题，部分企业工厂内部出现“信息孤岛”。在麦肯锡发布的《大数据：下一个竞争、创新和生产力的前沿领域》研究报告中表示：在制造业领域，大数据工具应用带来的效益将渗透于整个制造业价值链，主要表现在研发、供应链管理、生产、售后服务等环节，这使得制造业减少了开发周期，优化了装配过程、增加了产量并满足了客户的需求。传统的制造业正面临着大数据的冲击，在产品研发、工艺设计、质量管理、生产运营等各方面都迫切期待着有创新方法的诞生，来应对工业背景下的大数据挑战。

2. 国外工业大数据产业发展概况

在全球范围内的大数据产业发展浪潮中，美国凭借传统 IT 优势和软硬件核心技术基础占据了产业链前端。以 IBM、甲骨文、EMC、英特尔、微软、谷歌等为代表的一批美国企业，通过并购、整合、吸收，先期推出了各种面向大数据的服务产品，抢占搜索服务、数据库、服务器、存储设备、数据挖掘等产业链的核心价值环节。美国政府 2012 年发布《大数据研究与发展计划倡议》，斥资 2 亿美元用于大数据研究，宣布启动对大数据的研发计划，将“大数据战略”上升为最高国策，大数据成为美国国家创新战略、国家安全战略、国家 ICT 产业发展战略以及国家信息网络安全战略的交叉领域、核心领域。欧洲以法国电信、施耐德、SAP 为代表的企业积极投资大数据产业，发展重点在大数据通信及其他公共服务、大数据的数据中心绿色节能应用、实时数据计算等方向。日本、韩国、澳大利亚等国家则更多停留在政府引导和基础研究环节，企业对大数据的投入落后于美国。自 2012 年起，日本总务省、文部科学省、经济产业省等部门先后推出多项战略计划，投入近 100 亿日元推进大数据技术研发与产业发展，颁布了新 IT 战略——“创建最尖端 IT 国家宣言”，明确提出加强大数据技术在医疗、交通等公共领域的应用。澳大利亚和韩国政府也分别通过发布“公共服务大数据战略”、新建大数据研发中心等举措积极支持大数据研发。据全球领先的咨询分析机构 Wikibon 于 2014 年 2 月发布的《大数据企业营收和市场预测（2013—2017）》报告，2013 年全球大数据企业（软件、硬件及服务）营业收入为 186 亿美元，同比增长 58%。自 2011 年起，大数据市场的复合年增长率约为 38%，到 2017 年预计营业收入将超过 500 亿美元。

在工业大数据的应用方面，美国通用汽车公司通过其 OnStar 系统收集车辆诊断数据和其他信息，结合大数据分析技术，了解客户需求偏好以及使用习惯，为车主定制个性化的保险方案，并改进自身产品设计、汽车性能以及营销方案，加强与消费者的关系。目前，该公司已将大数据的创新方法成功地应用于个性化营销、远距通信以及智能汽车等方面。所开发的基于 Hadoop 的数据中心拥有 37 000 个服务器和 8 TB 的光纤数据，已有 3 PB 的数据存储量，包括：产品研发、采购、物流、质量、制造、客户服务、销售、市场行销、财务和其他种类的数据。

美国福特汽车公司的大数据分析技术已经渗透到每一个活动中，商品价格预测、客户需求挖掘、生产规划、零部件采购以及产品设计开发与改进等环节均有

大数据的身影。大数据计划的应用使得福特公司在 2009 年实现了 4 年来的首次盈利。目前，福特提供的三种混合动力汽车上均配备了嵌入式调制解调器，客户可以选择开启，从而把车辆相关数据传回制造商，以了解客户的驾驶习惯，包括如何、何时以及何处充电。数据通过服务器端处理并返回给移动应用端，从而通知驾驶者汽车电池的续航状况、最近的充电站以及其他车辆性能数据。这种以客户为中心的大数据应用技术实现了宝贵的新型产品创新和协作方式。司机获得最新有用信息的同时，位于总部的工程师汇总了车主关于驾驶行为的信息，以深入了解客户，制定产品改进计划，并实施新产品创新。另一方面，电力公司和其他第三方供应商也可以分析数百万英里的驾驶数据，以决定在何处建立新的充电站，以及如何防止脆弱的电网超负荷运转。

波音公司的飞机上，发动机、燃油系统、液压和电力系统等数以百计的变量数据组成了飞机的在航状态，这些数据不到几微秒就被测量和发送一次。以波音 737 为例，发动机在飞行中每 30min 就能产生 10 TB 数据。这些数据不仅仅是未来某个时间点能够分析的工程遥测数据，而且还促进了实时自适应控制、燃油使用、零件故障预测和飞行员通报，能有效实现故障诊断和预测。在马航 MH370 失联客机搜寻过程中，波音公司获取的发动机运转数据对于确定飞机的失联路径起到了关键作用。根据《华盛顿邮报》的报道，近期波音公司与卡耐基梅隆大学的计算机科学学院达成一项为期 3 年的合作协议，将花费 7 500 万美元共同建立“航空数据分析实验室”（Aerospace Data Analytics Lab），利用人工智能（AI）和大数据来对波音飞机进行全面升级，用机器学习的方法来优化波音飞机的运行，用数据来指导设计、建造和运营等工作。

位于美国亚特兰大的 GE 能源监测和诊断（M&D）中心，每天收集来自全球 50 多个国家上千台 GE 燃气轮机的数据，数据量高达 10G。客机在万米上空翱翔时，发动机的排气温度、振动信号等实时运行数据会被传感器记录，通过卫星传送回地面，GE 的工程师据此判断其运行状态是否正常，并及时提醒航空公司对可能出现的故障进行诊断和维修。2013 年，通用电气推出了“Predictivity”大数据与分析平台，该平台由 Proficy Historian HD（第一个基于 Hadoop 的历史数据管理软件）提供支持，在一个安全、封闭的架构中进行实时数据管理、分析和机器与运营的连接，让全球重要行业能够从被动的工业运营模式转向预测模式。该平台能够支持工业互联网并把大数据转化为实时信息，平台的推广应用将惠及全球主要行业，包括航空、医疗、能源生产与分配、交通运输及制造业。

西门子公司采用 Teradata 统一数据架构实现大数据分析工业化，优化服务流程及产品质量，部署跨部门研究的测试、开发整合平台。Teradata 统一数据架构能够整合来自传感器、制造流程、机器生成数据，以及各种源系统的数据，让企业将多结构化大数据等工业数据与传统数据相结合进行分析。西门子公司通过获取数据的最高价值，为进一步创新奠定了坚实基础。

风力涡轮机制造商 Vestas 通过对天气数据及涡轮仪表数据进行交叉分析，从而对风力涡轮机布局进行改善，由此增加了风力涡轮机的电力输出水平并延长服务寿命。特斯拉汽车的功率能做到 85kW·h，最高时速达 200km。相比其他汽车公司，特斯拉在汽车电池上使用了大量的传感器和软件，并利用大数据分析技术，实时测试 7 000 多个电池组的电压，实现自动的调节电流，减少电池发热。

3. 我国工业大数据产业发展概况

近日，独立调研机构 Vanson Bourne 对 11 个国家中来自零售业、金融服务、医疗卫生、银行业、电信业、保险业和政府的 1 000 名 IT 管理者进行了调查。结果显示，大数据战略为 95% 的中国企业带来了收益，96% 的中国大型企业已经或计划在未来一年内实施大数据项目。最值得注意的是，中国区参与调查的全部企业正在或将会利用大数据进行目标更精准的市场和销售活动。IT168 大数据应用与趋势专项调查数据显示，2013 年，我国每月新增数据规模在 500G 以上的企业已由 2012 年的 16.67% 增长到 18.11%；已经部署大数据的企业达到 21.89%，计划 1 年内部署的占 27.92%。另外，据国际数据公司（IDC）发布的《数字宇宙》研究报告显示，到 2020 年全球新建和复制的信息量将超过 40ZB（十万亿亿字节），是 2012 年的 12 倍；而中国的数据量则超过 8ZB，比 2012 年增长 22 倍。数据量的飞速增长带来了大数据技术和服务市场的繁荣发展。据统计数据显示，2013 年，我国大数据产业市场规模为 34.3 亿元，同比增长率超 100%。2014 年，大数据市场规模约为 84 亿元，其中大数据软件产值为 35.6 亿元，占比约 42%；大数据硬件产值达 28.5 亿元，占比约 34%；大数据服务产值为 19.9 亿元，占比约 24%。预计到 2016 年，我国大数据市场规模将达 269.8 亿元，到 2018 年，市场规模维持 40% 左右的高速增长。

市场规模的迅速增长，新技术新应用的层出不穷，我国大数据产业的发展基础和条件已基本具备。我国政府对大数据的重视程度日益凸显，各级政府和社会各界纷纷制定相关政策推动大数据产业深入发展。2011 年，国家工业和信息化部发布了《通信业“十二五”发展规划》，该规划把大数据技术定位为构建国家

级信息基础设施、实现融合创新的关键技术和重点发展方向。2013 年 1 月，工业和信息化部、发展改革委、国土资源部、电监会、能源局五部委联合发布了《关于数据中心建设布局的指导意见》，以推动中国数据中心合理布局和健康发展。2013 年 8 月，国务院先后印发了《关于“宽带中国”战略及实施方案的通知》和《国务院关于促进信息消费扩大内需的若干意见》，通过实施“宽带中国”战略和扩大“信息消费”的方式，推动数据中心和数据中心市场发展。其后，为拓宽数据收集范围、普及云计算服务和大数据运用，中国在 2014 年“宽带中国”专项行动中将大数据列为战略性新兴产业发展重点领域。2015 年 9 月，中国国务院印发了《促进大数据发展行动纲要》，明确了多个重点任务，即加快政府数据开放共享、推动产业创新发展和健全大数据安全保障体系。工信部信息化和软件服务业司司长陈伟在接受《经济日报》记者采访时表示，工信部将从制定产业发展规划、着力发展工业大数据、推动大数据标准体系建设、支持地方开展大数据产业发展和应用试点、加强大数据基础设施建设等方面入手，推动大数据产业发展。

地方政府层面，在国家政策的推动下，广东、上海、重庆、贵州等地方政府和北京中关村、天津滨海新区等相继制定和出台了大数据相关计划或规划纲要。走在较前列的广东省于 2012 年 12 月就宣布在全国率先启动大数据战略并起草《广东省实施大数据战略工作方案》提交省政府批准。随之，2014 年 2 月 20 日，中关村出台了《加快培育大数据产业集群推动产业转型升级的意见》和《中关村数海大数据交易平台规则》。2014 年，贵州省相继出台了《关于加快大数据产业发展应用若干政策的意见》《贵州省大数据产业发展应用规划纲要（2014—2020 年）》和《贵州省信息基础设施条例》，明确贵州大数据产业发展目标、任务和配套政策。上述政策的出台和实施，表明大数据产业在中国已经得到自上而下的高度关注，逐渐完善的政策体系为大数据产业的发展创造了良好条件。目前，工信部已支持和指导北京、上海、贵州、广州、陕西等地大数据产业和应用发展先行先试。其中，贵州在出台大数据产业扶持政策、开展数据共享交易、法律法规等方面成效显著；北京、上海、广东等地政府在支持大数据产业和应用发展等方面均各具特色、走在全国前列。

在制造业领域，清华大学利用了企业信息系统中的备件销售订单、采购订单和备件库存状态数据，以及工程物联网采集到的工况数据和外部互联网数据（如每个省的 GDP，建筑、交通等规划数据），针对 30 个省、自治区、直辖市进行了备件需求预测，平均预测精度达到 82%，每种备件需求预测误差在 5 件（真实

值的 20%）以内，库存水平控制在一个较低的稳定水平，降低至原库存水平的 48%。如果按备件库存占有资金 1 亿元计算，可节约库存资金占用 5 000 万元。

郑州精益达将柔性生产线的数控设备、机械手、物料和辅助设备进行智能化和物联化，每条生产线部署一个生产线控制台分系统，后台共享生产线服务器。服务器端存储企业需换型的工艺流程、物料人员信息、刀具信息以及生产数据，并通过分布式构建企业内部大数据模型。通过对生产运行过程产生的大数据分析，实现不同零部件换型时多工艺流程自主运行、生产过程监控和自适应优化条件控制。实现柔性生产线面对单件小批量生产时的智能控制。

海尔集团通过互联网整合其全球供应链资源，并在供应链各环节采用大数据技术对客户数据、企业内部数据、供应商数据等进行分析挖掘，实现了供应链协同和持续优化，进一步降低了企业运营成本。

五、工业互联网

1. 工业互联网概述

工业互联网是利用通信设备将工业设备与物料、数据资源（如产品设计数据、生产数据、管理数据等）和生产者（如现场工人、技术人员、管理人员等）联接起来而形成的网络。工业互联网既是互联网对工业领域渗透的结果，又是现场总线（Field Bus）技术发展的必然结果。

现场总线是连接工业现场设备和自动化系统的全数字、双向、多站的通信与分布控制系统，主要解决智能化仪器仪表、控制器、执行机构等工业现场设备之间的数字通信及控制，以及这些设备和上级控制系统之间的通信问题。1984 年，国际电工委员会（IEC）提出了现场总线的定义。同年，美国仪表协会（ISA）下属的标准与实施工作组中的 ISA/SP50 开始制定现场总线标准。1985 年，国际电工委员会决定由 Proway Working Group 负责现场总线体系结构与标准的研究制定工作。现场总线系统及标准经过多年竞争和发展，目前市场占有率较高的有 10 余种。这 10 余种标准分别得到不同国际大公司的支持，竞争极其激烈，使得现场总线控制系统标准至今无法统一。

冷战时期的 1968 年，美国国防部为提高军事指挥系统的安全性，提出要设计一个分散的指挥系统，该系统由一个个分散的指挥节点组成，这些分散的节点通过某种形式的通信网保持联系，其中部分节点被摧毁后其他节点仍能正常工作。该通信网就是 ARPANET，是现在广泛使用的互联网的前身。1983 年，ARPANET 被分成军用网络和民用网络，其中民用网络发展成为现在的互联网。

1984 年，美国国防部将 TCP/IP（网络传输控制协议 / 互联网协议）作为所有计算机网络的标准。

从上面的介绍可以看出，互联网关注更多的是通信，而工业互联网不仅支持通信，而且还支持控制，从而导致工业互联网有其自身的特点和技术要求。这些技术要求中最重要的是实时性、可靠性和安全性。

现阶段实施工业互联网的一个更好和更切实可行的技术方案是：生产线上采用现场总线系统，保证生产现场设备通信与控制的实时性、可靠性和安全性。企业管理层采用互联网系统，技术成熟，成本低廉。底层的生产线和上层的管理层之间则开发工业级网络设备，如工业路由器、工业网关、工业防火墙等，解决上下层之间的通信及企业信息安全问题。

技术的发展有其自身规律，但技术成为热点并被广泛推广应用，则更多地源于社会需求。

2011 年，美国总统科技顾问委员会（PCAST）发布的报告提出，美国制造业领先优势不断丧失，这一趋势已从低端制造产品领域逐渐向计算机、显示器等高技术产品贸易领域延伸，极大地损害了美国本土的创新控制力。考虑到美国在信息技术、纳米技术、国防技术等领域具有全球领先优势，应将相关领域的先进技术与工业制造技术相结合，推动再工业化，重塑美国制造业的竞争优势。由此，美国的先进制造战略、工业互联网战略等应运而生。2012 年，美国通用电气公司（GE）发布《工业互联网：打破智慧与机器的边界》白皮书。作为引领工业互联网技术研究和开发的工业互联网联盟，也已经从 2014 年 3 月成立时的 5 家国际著名企业，发展到 2015 年 9 月的由来自 24 个国家的 200 多家企业、研究机构等成员机构组成的国际性技术联盟。2015 年年初，该技术联盟发布了《迈出工程化第一步》，提出工业互联网的总体参考架构，其核心是以信息技术在工业中的应用为主视角，将信息技术对工业的作用领域划分为八个层次。

第一层是物理系统，包括存储器、芯片、执行设备等物理硬件。

第二层是作用于底层物理系统的信息感知和指令执行层，包括传感器与控制器，用于对物理设备的信息进行采集，并精确响应上层控制指令。

第三层是边缘聚合、分析与控制，其“边缘”主要针对的是机器设备层进行的数据分析与决策控制，由于海量数据信息难以全部通过网络进行集中汇集，因此“边缘”的计算和控制对于工业互联网而言至关重要。

第四层是设备管理，主要指基于 X.509 证书机器设备的调配和管理，通过标准化的信息技术提高设备使用效率。

第五层和第六层分别是数据服务和分析服务，主要是指对底层关键信息数据的提取、语义信息过滤、存储处理，通过模型化的高级分析挖掘数据的价值。

第七层是工业应用与整合，主要是基于数据分析实现工业应用的开发、调试、部署与整合，促进机器设备与工业应用软件的协作。

第八层是工业生产延伸出的商业服务，最终形成由物理系统到商业系统的完整工业生态系统。

在工业互联网主视角之外，是支撑工业生产系统的网络视角。工业互联网联盟提出网络方面要形成软件可定义、可连接、可维护、安全可信任、互操作的网络能力，成为搭建更高性能的先进网络基础设施。

GE 全球董事长兼首席执行官伊梅尔特认为，通过智能机器间的连接并最终将人机连接，结合软件和大数据分析，我们可以突破物理与材料科学的限制，改变世界的运行方式，工业互联网最终将重构全球工业。工业互联网有能力改变商业产出，将传统工业向智能化转型，建立个性化、数字化以及高度灵活化的产品生产和服务模式。通过工业互联网实现对机器设备的智能化改造，对数据链信息的建模、应用和产业化，以及对软件应用的平台化无缝集成。在工业互联网的支撑下，通过软件应用对机器设备进行远程监测、远程控制和远程维护，促进机器之间、机器与控制系统之间、企业之间的广泛互联，优化生产流程，提高生产效率，并由制造商向解决方案提供商转型。

根据 GE 的研究数据显示，工业互联网对全球 GDP 的贡献额为 3 230 万美元。从区域上看，到 2030 年，工业互联网普及给全球带来的收益可达 1 530 万美元，其中亚太、北美、欧洲、非洲和中东、拉美分别为 420 万美元、650 万美元、280 万美元、80 万美元和 90 万美元。另一方面，工业互联网涉及的行业领域比传统经济类别更广。通过传统的经济衡量方法，工业活动约占所有经济活动的 1/3，这种比例因每个国家的经济结构和资源禀赋不同而有所不同。但这并不足以体现工业互联网的巨大潜力。例如，工业互联网涉及工业运输车队和航空、铁路、海上运输等大规模的运输行业，还涉及医疗保健、政府等服务领域。将传统的工业与运输业和医疗保健业结合起来，全球经济的 46% 或全球产出中的 32.3 万亿美元，将得益于工业互联网。预计到 2025 年，工业份额将增长至全球经济的 50%，或占未来全球产出中的 82 万亿美元。

2. 国外工业互联网产业发展概况

1991 年，美国里海大学（Lehigh University）提出了“美国企业网”计划，在由美国政府资助的“制造系统的敏捷基础设施”项目中得到实施。该计划利用高度发达的高速信息网络系统，把全美国的制造业通过卫星通信技术联系在一起。1994 年，美国能源部制订了“实现敏捷制造技术”的计划，涉及联邦政府机构、著名公司和大学等 100 多个单位，并于 1995 年 12 月发表了该项目的策略规划和技术规划。1995 年，美国国防部和自然科学基金会资助 10 个面向美国工业的研究单位，共同制定了以敏捷制造和虚拟企业为核心内容的“下一代制造”计划。1996 年，美国通用电气公司（GE）在美国国防部资助下，开展了计算机辅助制造网（CAM Net）的研究。其目的是建立敏捷制造的支撑环境，使参加产品开发与制造的合作伙伴在网络上协调工作，摆脱距离、时间、计算机平台和工具的影响，可以在网上获取重要的设计和制造信息，如 CAD 模型、生产工艺、制造仿真和顾客需求等。1997 年，美国国际制造企业研究所发表了《美国—俄罗斯虚拟企业网》研究报告。该项目是美国国家科学基金研究项目，目的是开发一个跨国虚拟企业网的原型，使美国制造厂商能够利用俄罗斯制造业的能力，并起到全球制造的示范作用。1998 年 12 月，欧洲联盟公布了“第五框架计划（1998—2002）”将虚拟网络企业列入研究主题。日本提出了社会信息化系统，目的在于实现日本社会真正向 IT 社会转型，不再追求工业化制造时代局部的高效率，而是要实现日本整个社会在未来保持最佳状态。2012 年，GE 在应用领域提出工业互联网的理念，随后美国五家行业龙头企业联手组建了工业互联网联盟（IIC），将工业互联网这一理念推广开来。至此，工业互联网成为业界最热的议题之一，被视为新一轮工业革命的浪潮。

继美国推出工业互联网战略，德国 2013 年推出了《工业 4.0》，希望通过互联网与制造业的结合，提高生产率、降低成本、保持制造业在全球的竞争优势。德国的《工业 4.0》主要强调了三个集成，即企业内部的纵向集成、通过价值网络实现的横向集成以及贯穿整个价值链的端对端的集成，战略重点聚焦与利用新一代信息技术强化其在整体工业中的“硬制造”优势和工业自动化领域的龙头地位。德国在制造业一枝独秀，智慧工厂的发展成为了德国的最优之选。

美国为了建立先进的制造业也加大了工业互联网的部署，创造了新的就业机会，提高了生产率，降低了生产成本。与德国工业 4.0 强调的“硬”制造不同，软件和互联网经济发达的美国更侧重于在“软”服务方面推动新一轮工业革命，

希望借助网络和数据的力量提升整个工业的价值创造能力。2012 年，美国启动“先进制造业国家战略计划”，提出要发展包括先进生产技术平台、先进制造工艺及设计与数据基础设施等先进数字化制造技术，其核心是鼓励创新，并通过信息技术来重塑工业格局，从 CPU、系统、软件、互联网等信息端，通过大数据分析等工具“自上而下”地重塑制造业。

GE 作为工业互联网的提出者，在 2012 年提出工业互联网概念之后，很快便推出了包括“弹性效率控制系统”等在内的 10 款工业互联网应用。2013 年，GE 宣布将在未来 3 年投入 15 亿美元开发工业互联网。在此期间，GE 强化了与跨界企业的合作，包括：与亚马逊合作开发基于 AWS 优化的 IT 基础设施；与埃森哲合作，提升大数据分析能力；与 AT&T 合作，将 GE 的机器设备接入 AT&T 的通信网络和云端，打造工业互联网无线通信系统；与“平台即服务（PaaS）”公司 Pivotal 合作，注资 1.05 亿美元，以提升工业互联网的云平台技术能力。同时，GE 成立千人规模的软件研发中心，进一步打造了 14 款工业互联网应用，涵盖能源、采矿、航空、铁路和医疗等多个领域。

2014 年，GE 与思科、IBM、AT&T、英特尔五家企业宣布成立工业互联网联盟（IIC），在 NIST 的参与下，推动网络与数据标准的建立，组织开展工业互联网应用的“测试床（Test bed）”项目。其目的是通过测试床进行相关部件和解决方案的验证，建立统一的标准和安全机制，并与其他物联网标准组织进行对接。一旦这些标准和安全机制建成，将有助于硬件和软件开发商创建与物联网完全兼容的产品。最终结果可能是实现传感器、网络、计算机、云计算系统、大型企业、生产设备和数以百计其他类型的实体得以全面整合，推动整个工业产业链的效率全面提升。工业互联网联盟预计三年内测试床的建设投入将达 3 亿美元，由政府和企业各负担一半。在政府和私营部门的大力推动下，美国很有可能出现以无线网络技术全覆盖、云计算大量运用和智能制造大规模发展为标志的新一轮技术创新浪潮。从发展方向来看，工业互联网联盟希望成为 IEEE、oneM2M、3GPP 等物联网相关标准的产业推广组织。目前，联盟成员已超过 151 家，中国信息通信研究院、华为公司位列其中。下一步，GE 正在谋求建立统一的控制平台（操作系统）Predix，将所有工业互联网应用统一到该平台，并向第三方企业开放，进一步推广工业互联网应用。

自 2012 年 11 月 GE 发布工业互联网产品以来，GE 工业互联网的应用已经初显成效。至 2013 年 10 月，这些产品所带来的销售收入就已经达到 2.9 亿美元，

订单 4 亿美元。GE 公司的设备目前拥有高达 1 600 亿美元的服务合同，工业互联网产品的应用将为公司平均每台设备带来 3%~5% 的销售额增长，软件的销售额每年将增长 15%。目前，GE 正在开展 40 个工业互联网应用，这些应用产品将为 GE 带来超过 10 亿美元的增量收入。监控和分析了超过 5 000 万个数据元素，这些数据来自 1 万亿美元托管资产的 1 000 万个传感器。机器的连接，海量的数据、系统的分析，人与机械的完美结合均蕴含着巨大的财富。按照 GE 宏伟的愿景，到 2025 年，受益于工业互联网的工业部门将达到 82 万亿美元规模，或许将占据全球经济总量的一半。

从 GE 所倡导的工业互联网理念，以及联盟一系列具体工作来看，美国的工业互联网注重利用互联网开放理念打造产业生态系统。“也许你昨晚入睡前还是一个工业企业，今天一觉醒来却成了软件和数据分析公司。”伊梅尔特用这样的表述形容 GE 在工业互联网变革中的进展。

3. 我国工业互联网产业发展概况

当前，我国工业互联网融合发展已具备市场主体、技术和产业基础。我国是全球制造业第一大国，制造业在保持总量第一的前提下，向高端发展的要求也越来越迫切，为融合应用的开展提供了市场主体。同时我国也是全球互联网第二强国，网络强国战略的部署为发展工业互联网提供了强大的信息基础设施和应用服务支撑。据中国互联网络信息中心（CNNIC）发布的《中国互联网络发展状况统计报告》显示，截至 2015 年 6 月，中国网民规模达 6.68 亿人，互联网普及率为 48.8%。其中，中国手机网民规模达 5.94 亿人。在网络基础设施建设方面，截至 2015 年 12 月，中国域名总数为 3 102 万个，网站总数为 423 万个。企业对互联网的接受和应用程度明显提高，中国企业使用计算机办公的比例为 95.2%，使用互联网的比例为 89.0%。从国家统计局的信息化发展指数来看，2014 年，我国信息化发展指数为 66.56，比 2013 年增长 5.86%，信息化水平进步明显。另外，我国互联网创新发展水平不断提升，服务能力显著增强，形成了一批具有较大规模和竞争力的互联网企业，为工业互联网的融合提供了坚实的技术基础。目前有 7 家企业进入全球市值前 30 位，基于网络的流程再造与业务创新加快，电子商务、现代物流、网络金融等现代服务业迅速发展，云计算、物联网、移动互联网、智能终端等新一代信息技术产业进一步壮大。我国工业发展正处于加快转型升级，走新型工业化道路的历史关口，发挥互联网优势，推动工业互联网发展，是把握新产业变革契机，助推我国产业升级的重要途径。

从 2002 年提出要走新型工业化道路，到 2007 年提出信息化与工业化融合发展的战略目标以来，我国一直进行工业互联网宏观层面的战略布局。2013 年 9 月，我国政府发布了《信息化和工业化深度融合专项行动计划（2013—2018 年）》，提出了以互联网与工业融合的创新来促进生产力水平的提高。2015 年，李克强总理在《政府工作报告》中明确提出制定“互联网 +”行动计划。同年 5 月份，国务院印发了《中国制造 2025》，强调发展工业互联网与“‘互联网 +’工业”、智能制造等热点，旨在通过两化融合，推动中国由制造大国向制造强国转型升级。工信部部长苗圩在解读《中国制造 2025》时指出，“工业互联网是顺应新一轮工业革命和产业变革的一个重点发展领域，也是政府工作报告中提到的‘互联网 +’最早实现的行业之一”，“工业互联网的应用和发展可从两个方面切入，实现融合发展：第一个方面，就是智能制造；第二个方面，就是把互联网引导到工业企业、工业行业中去。”我国工业互联网的内涵不仅包含利用工业设施、物联网和大数据实现生产环节的数字化、网络化和智能化（即德国工业 4.0 描述的智慧工厂），还包括利用消费互联网与工业融合创新，实现制造产品的精准营销和个性化定制，通过重塑生产过程和价值体系，推动制造业的服务化发展。

在国家相关政策和专项计划的部署下，2014 年工信部共支持了 23 家互联网与工业融合创新试点企业开展试点工作，投资约 1 100 万元的项目资金，探索融合创新的模式和方法，创新试点成效显著。京东、百度、苏宁、CAXA、普金科技、广新信息、猪八戒网和亚洲流体网等形成了企业间协同创新、资源整合共享的核心平台；大唐、国电、北江纺织以互联网作为业务流程优化、生产运营效率提升的重要工具；伊利、九阳、思念、洋河酒厂、回家网和南航等利用互联网提升个性化体验，实现服务模式创新；海尔、普天新能源等注重打造跨越企业边界，重塑供需关系的开放式创新平台；智慧联合则抓住企业对大数据信息的需求提供专业服务。2014 年 7 月，中国信息通信研究院（原工信部电信研究院）等 6 家单位成立了互联网与工业融合创新联盟，为企业提供协作与交流的平台。目前，联盟已有来自工业、互联网、软件、IT 等多个行业领域的 70 多家成员单位。另一方面，欧美的跨国公司开始密集性地在华设立研发机构，涵盖食品、通信、制药、软件、化工等众多行业。例如，GE 将继续在我国航空、医疗、发电、水处理、石油天然气等行业投资，并成立软件与分析中心，旨在促进 GE 与中国各业务集团之间的合作。

国内企业通过工业互联网平台整合上下游优势供应链资源，开展产品全生命

周期的扁平化管理。商飞公司为研制 ARJ21 支线飞机组建的项目广域协同平台，采用“主制造商 + 供应商”的管理模式，联合全球 10 多个国家、104 家供应商之间的协同研发和制造。宝钢通过构建基于工业互联网的全流程管理体系，实现了信息流、物流、资金流的协同，产品交货时间、供应链管理水平等居全球领先地位。

我国能源领域的工业互联网应用已经着手探索，尝试通过工业互联网优化能源在生产领域的动态配置，开辟制造业绿色发展新路径。大唐集团与上海电气等设备制造商合作建立了数据监测工业互联网平台，高频度实时采集、汇总、存储和集中处理各发电厂机组生产数据，不仅为发电厂优化发电生产流程提供依据，也为电机制造企业改进制造设备、重组生产线提供了支撑。积成电子、中国移动、联想集团共同打造了智慧能源平台，利用智能能源设备采集水、电、气、热等能源使用数据，深度分析能源使用量与频率之间的关系，从而按需配置能源，实现能效提升、节能减排。对企业而言，平台实现了能源消耗的可追溯、可监控、可管理，降低了能源开支，提高了能源使用效率；对合同能源管理服务提供商而言，平台整合了实时数据存储、分析、可视化管理等服务资源，降低了开发、建设和运营成本，促进效益最大化；对政府及金融机构而言，平台提供了能源生产和消费的动态信息，为实行有效监管和调控提供了真实透明的数据支撑。未来，平台还将在节能技术改造、节能量监测、核算和评价，以及碳交易的开展等领域开拓更多的应用，创造更多经济和社会价值。在我国“四化”同步发展的新形势下，互联网在经济社会各领域所发挥的重要作用日渐显现。以最保守的方式估算，未来 15 年，我国仅在商用航空领域，节约 1% 的燃油就意味着节约 30 亿美元的成本；燃气发电机组能耗降低 1%，就意味着节约价值 80 亿美元的燃料；在穿行于全国铁路网络的运输行业，如果效率提高 1%，则意味着节约 20 亿美元的燃料成本；产业上游的石油和天然气勘探开发的资本利用率提高 1%，就可避免或推迟 70 亿美元的资本支出；中国医疗效率提高 1%，就意味着节约 40 亿美元的医疗成本。假设工业互联网仅仅提高行业生产率和能源效率 1%，其潜力也能让中国的航空、电力、铁路、医疗、石油天然气行业在未来 15 年共计节省约 240 亿美元的成本。据估计，到 2030 年，工业互联网将有潜力为中国经济带来 3 万亿美元的增长机遇。